



Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago, 2007-2010



NACIONES UNIDAS

CEPAL



MINISTERIO
DE ASUNTOS EXTERIORES
Y DE COOPERACIÓN



Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago, 2007-2010

Innovación ambiental de servicios urbanos y de infraestructura:
Hacia una economía baja en carbono

Vicente Pardo
Mariano Pedrosa



NACIONES UNIDAS



Este documento fue preparado por Vicente Pardo D., en colaboración con Mariano Pedrosa, consultores de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas, en el marco de las actividades del convenio CEPAL-AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo), sobre el proyecto "Innovación ambiental de servicios urbanos y de infraestructura: hacia una economía sin carbono". Se ha contado además con la valiosa colaboración de la Secretaría de Planificación de Transporte de Chile (SECTRA), entidad que facilitó los modelos de transporte y emisiones y el apoyo de personal altamente calificado, en particular los Ingenieros Rubén Triviño y Alan Thomas. El estudio ha sido coordinado por la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos de la CEPAL. Las opiniones expresadas son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las Organizaciones.

Índice

Resumen	7
I. Introducción.....	9
II. Enfoque metodológico	11
A. Proceso de planificación de transporte urbano	11
B. Interacción entre subsistemas urbanos	14
C. Interacción entre transporte y uso de suelo: la respuesta de MUSSA	16
III. El caso Transantiago.....	19
A. Selección del caso y argumentos	19
B. Antecedentes de Transantiago	20
IV. Contexto ambiental y de emisiones del proyecto.....	25
A. Evaluación ambiental estratégica (EAE).....	25
B. Seguimiento de emisiones e impacto en la calidad del aire	26
C. Selección de metodología para el análisis de emisiones	28
D. Particularidades de MODEM y MODEC	29
V. Presentación del análisis de Transantiago.....	33
A. Situación “sin proyecto”	34
B. Situación “con proyecto”	36
C. Resumen de las condiciones de comparación	38
VI. Resultados del análisis de Transantiago: efectos en el transporte de la ciudad	41
A. Indicadores globales obtenidos de las modelaciones	41
B. Partición modal de los viajes	43
C. Red de metro	44
D. Carga de autobuses sobre la red vial	49
VII. Resultados de la modelación de emisiones.....	51
VIII. Valoración económica de la caída en emisiones	53
IX. Evaluación económica	57
X. Otros impactos	59

A.	Reforma de la industria del transporte público	59
B.	Reestructuración de las relaciones laborales	60
C.	Cambio en el trato a los escolares.....	61
D.	Cambios en la ocurrencia de accidentes.....	61
XI.	Subsidios.....	63
XII.	Conclusiones.....	65
XIII.	Recomendaciones	67
Anexos.....		69
Anexo 1		70
Anexo 2		71
Anexo 3		72
Anexo 4		73
Anexo 5		74

Índice de gráficos

Gráfico 1	PROCESO GENERAL DE PLANIFICACIÓN DE TRANSPORTE URBANO	11
Gráfico 2	PROCESO INTEGRADO DE PLANIFICACIÓN	15
Gráfico 3	MODELO INTEGRADO TRANSPORTE–USO DE SUELO	17
Gráfico 4	MODELO DE TRANSPORTE Y MODELO DE EMISIONES	28
Gráfico 5	CURVA DE EMISIONES DEL TRANSPORTE PÚBLICO.....	29
Gráfico 6	EJEMPLO DE HISTOGRAMA SEMANAL DE VEHÍCULOS PARTICULARES	30
Gráfico 7	DISTRIBUCIÓN DE AUTOBUSES SEGÚN NORMA	31
Gráfico 8	SECUENCIA DE MODELOS PARA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y DE TRANSPORTE	32
Gráfico 9	CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 1, POR PERÍODO Y SENTIDO	44
Gráfico 10	CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 2, POR PERÍODO Y SENTIDO	45
Gráfico 11	CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 4, POR PERÍODO Y SENTIDO	46
Gráfico 12	CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 5, POR PERÍODO Y SENTIDO	47
Gráfico 13	CIRCULACIÓN DE PASAJEROS EN AUTOBUSES Y LÍNEA 4 DEL METRO EN VICUÑA MACKENNA CON VESPUCIO, HORAS PUNTA DE LA MAÑANA, SIN TRANSANTIAGO.....	48
Gráfico 14	FLUJO DE PASAJEROS EN AUTOBUSES Y LA LÍNEA 4 DEL METRO EN VICUÑA MACKENNA CON VESPUCIO, HORAS PUNTA DE LA MAÑANA, CON TRANSANTIAGO	48
Gráfico 15	CARGA DE VEHÍCULOS EN PERÍODO PUNTA DE LA MAÑANA CON TRANSANTIAGO	49
Gráfico 16	CARGA DE AUTOBUSES EN PERÍODO FUERA DE PUNTA, CON TRANSANTIAGO	50

Índice de cuadros

Cuadro 1	EVOLUCIÓN DE TRANSANTIAGO ENTRE FEBRERO DE 2007 Y FEBRERO DE 2009.....	23
Cuadro 2	CARACTERÍSTICAS DE LAS CONCESIONES DE AUTOPISTAS URBANAS CONSIDERADAS EN LA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”	36
Cuadro 3	CORREDORES DE AUTOBUSES EN SITUACIÓN “CON PROYECTO”	37
Cuadro 4	VÍAS EXCLUSIVAS PARA AUTOBUSES, SITUACIÓN “CON PROYECTO” ...	37
Cuadro 5	PROYECTOS VIALES, SITUACIÓN “CON PROYECTO”	38
Cuadro 6	RESUMEN DE CONDICIONES DE COMPARACIÓN	38

Cuadro 7	VELOCIDAD PROMEDIO DE LA RED, POR PERÍODO, SIN Y CON TRANSANTIAGO	41
Cuadro 8	INDICADORES GLOBALES DE MODELACIÓN DE TRANSPORTE, PERÍODO PUNTA DE LA MAÑANA, SIN Y CON TRANSANTIAGO.....	42
Cuadro 9	INDICADORES GLOBALES DE MODELACIÓN DE TRANSPORTE FUERA DE HORAS PUNTA, CON Y SIN TRANSANTIAGO	42
Cuadro 10	PARTICIÓN MODAL DE LOS VIAJES (EN %), POR PERÍODO SIN Y CON TRANSANTIAGO	43
Cuadro 11	RESUMEN DE EMISIONES POR TIPO DE VEHÍCULO (TON./AÑO), SITUACIÓN SIN TRANSANTIAGO, 2010.....	51
Cuadro 12	VARIACIÓN PORCENTUAL DE EMISIONES POR TIPO DE VEHÍCULO, ENTRE SITUACIÓN CON TRANSANTIAGO Y SIN TRANSANTIAGO, AÑO 2010	52
Cuadro 13	BENEFICIO ESTIMADO POR REDUCCIÓN DE EMISIONES CON TRANSANTIAGO, EN DÓLARES ANUALES	53
Cuadro 14	BENEFICIO ESTIMADO POR REDUCCIÓN DE EMISIONES CON TRANSANTIAGO, CASO CON IGUAL COMPOSICIÓN TECNOLÓGICA, EN DÓLARES ANUALES	55
Cuadro 15	PARÁMETROS DE LA EVALUACIÓN SOCIAL ESTÁNDAR	57
Cuadro 16	AHORRO EN TRANSPORTE: COSTOS DE OPERACIÓN Y TIEMPO	58
Cuadro 17	RESULTADOS EVALUACIÓN SOCIAL SOLO TRANSPORTE	58
Cuadro 18	RESUMEN ASPECTOS LABORALES.....	60
Cuadro 19	EVOLUCIÓN DE SINIESTROS DE TRÁNSITO, FALLECIDOS Y LESIONADOS EN SUCESOS ASOCIADOS A LA PARTICIPACIÓN DE AUTOBUSES URBANOS DENTRO DEL GRAN SANTIAGO	61
Cuadro 20	COMPARACIÓN DE BENEFICIOS SOCIALES CON SUBSIDIOS (2010).....	64

Resumen

En el presente trabajo se analizan los impactos en las emisiones y en la calidad de los servicios de transporte que ocurren cuando se implementan reformas globales sobre los sistemas de transporte público en metrópolis de gran tamaño. Se considera en particular el caso de Santiago de Chile y para documentar su estudio de forma adecuada se describe y utiliza una metodología que permite comparar las situaciones “con” y “sin proyecto” y se discute dicho enfoque a partir de una breve reflexión sobre la tensión existente entre los análisis urbanos integrales y los análisis específicos de transporte.

El sistema de transporte de la capital chilena es modelado para el año 2010 y contrastado con una proyección para el mismo año del sistema de “autobuses amarillos” existente hasta 2007. El resultado de este ejercicio de comparación indica que existen importantes beneficios en reducción de emisiones sin que ello signifique un sacrificio para la calidad del transporte. Por el contrario, el análisis muestra mejoras para el sistema de transporte en magnitudes económicas incluso superiores que las asociadas al medio ambiente.

El estudio señala que a tres años de su puesta en marcha y tras un complejo proceso de ajuste, el sistema de transporte resultante de la reforma global ha alcanzado una condición socialmente rentable originada en una mayor eficiencia general del sistema y en los ahorros de recursos que ello implica, en particular tiempos de viaje y emisiones contaminantes. La tasa interna de retorno (social) del proyecto de transporte es de 29,4% y al agregar los beneficios ambientales esta crece al 31,3%. Se observa además que el beneficio social estimado es prácticamente el doble del subsidio estatal permanente que el sistema recibe en la actualidad.

La experiencia traumática de puesta en marcha de Transantiago deja al descubierto debilidades de diverso orden, evidenciadas frente a la tarea por cierto compleja de cambiar el sistema de transporte completo de una ciudad de aproximadamente siete millones de habitantes. En particular destaca la carencia casi absoluta de institucionalidad adecuada a la envergadura del proyecto y en tal sentido se considera que ésta podría ser una oportunidad para que desde CEPAL se estimule una discusión abierta destinada a delinear el diseño de una propuesta institucional de validez local y regional.

Los principales beneficios del proyecto, entre ellos los ambientales no parecen tan ligados a la inversión en infraestructura como a los aspectos “blandos” de la reforma del sistema. En particular la integración física y tarifaria y la nueva capacidad del sistema para adaptarse a las condiciones de la demanda en período fuera de punta figuran entre las mayores fuentes de ahorro de recursos sociales.

Destaca en este sentido lo ocurrido con el Metro, que sin registrar inversión en el período (véase punto VI.C), modifica sustancialmente su partición modal y su rol en el sistema de transporte, constituyendo una de las fuentes más relevantes de ahorro de recursos del nuevo sistema de transporte urbano.

Finalmente, mención especial corresponde a la nueva organización de las unidades productivas de los servicios de transporte y su efecto en la formalidad y racionalidad de las decisiones operacionales. Este cambio se traduce principalmente en una gestión de mayor calidad, un manejo más flexible de la oferta con los consiguientes ahorros de recursos y en un nuevo trato laboral que introduce mayor resguardo a los trabajadores y más seguridad a los viajeros y a la comunidad.

I. Introducción

Existe la sensación de que la operación de los servicios urbanos de transporte tienen un efecto significativo en las emisiones en general y en aquellas asociadas al cambio climático. Sin embargo, cuando se busca discriminar entre los proyectos o medidas que mejor rendimiento tienen para reducir dichas emisiones, es difícil encontrar información concreta que ayude al proceso de toma de decisiones y de asignación de recursos. Mediante el presente estudio se pretende aportar de manera concreta al esclarecimiento de esta interrogante y a la toma de decisiones sobre la forma en que se materializan la infraestructura y los sistemas de transporte de cada país de la región.

En las intervenciones que se realicen sobre el sistema de transporte urbano no se pueden ignorar los condicionamientos existentes entre el transporte y los sistemas urbanos, punto de partida para la articulación de una visión que apunte a un desarrollo urbano coherente y sostenible.

Pese a que lo anterior puede resultar evidente, en la práctica y por motivos de enfoque institucionales o metodológicos (entre otros), estos condicionamientos entre subsistemas urbanos no siempre están presentes con la especificidad deseada al momento de diseñar e implementar planes de inversión. Aún cuando puede haber importantes diferencias entre una ciudad y otra, los ejercicios de planificación integral solo alcanzan resultados concretos en etapas muy generales de construcción de la visión de desarrollo deseable para un determinado conglomerado urbano. Sin embargo, no logran permear adecuadamente fases más específicas del proceso de planificación de transporte.

Así surge una discrepancia de aproximación al problema, clásica entre el “enfoque urbano” y el de “transporte”, que en sus expresiones extremas podría definirse como:

- La aproximación integral, global y cualitativa, capaz de identificar todos los subsistemas y aspectos que intervienen, y algunas relaciones que marcan tendencias y que permiten validar en términos generales el alineamiento de iniciativas de inversión con algún propósito preestablecido.
- La aproximación específica, sectorial y cuantitativa, que a partir de un conjunto de señales urbanas se introduce en el subsistema de transporte, y es capaz de caracterizar y construir relaciones analíticas internas, con capacidades estadísticas que permiten controlar numéricamente los riesgos asociados a las inversiones y medidas en general.

En el estudio se aborda preliminarmente esta “dualidad” (capítulo II) para evaluar cuán real o aparente es y establecer, desde esa perspectiva, en qué ámbito se sitúa el análisis que motiva este trabajo.

Para conocer el aporte real en reducción de emisiones es preciso comparar inversiones en medidas y proyectos con bajas emisiones de carbono frente a planes o proyectos convencionales de transporte, y para ello se necesita disponer de una metodología de planificación de transporte urbano capaz de representar y predecir el funcionamiento del sistema y el patrón de emisiones vinculado. Finalmente, el análisis económico de estas intervenciones es fundamental para guiar las decisiones de inversión en un ambiente en que los proyectos compiten entre sí por recursos.

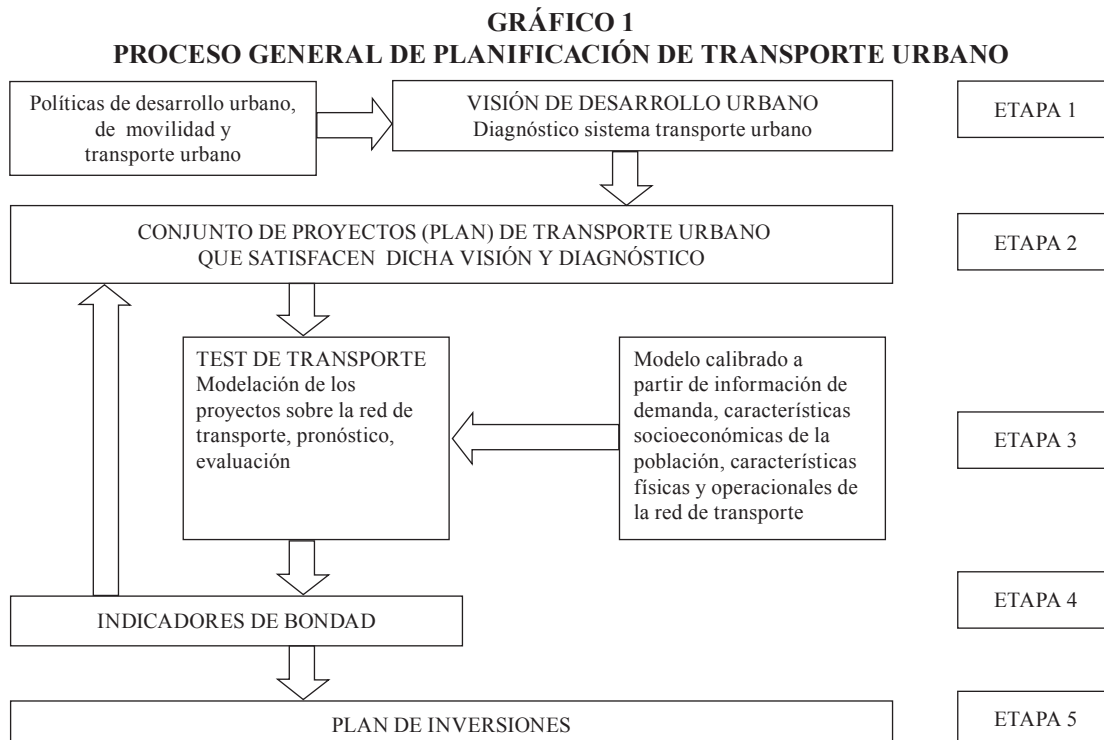
De los resultados que se obtengan de este análisis deben originarse recomendaciones dirigidas a los principales encargados de tomar decisiones, en el contexto de un análisis institucional en el que se evalúe la viabilidad de implementación de los cambios aludidos y se sugieran los ajustes necesarios.

Dicho análisis institucional, junto al presente estudio y otros que lo preceden en la visión de desarrollo urbano, forman parte del proyecto AECID, que en conjunto da origen a los productos principales que se mencionan en el anexo 1. Como parte del presente trabajo se incluyen la recopilación y estudio de la información del caso de aplicación, la preparación y dirección metodológica del análisis, la determinación de los proyectos (reforma), el análisis de resultados y la formulación de recomendaciones.

II. Enfoque metodológico

A. Proceso de planificación de transporte urbano

A partir de los extremos con que se grafica la dualidad aludida en el capítulo anterior, se hace aquí una reflexión con la que se pretende contextualizar el ejercicio de aplicación que mide el rendimiento de ciertos proyectos de transporte en la reducción de emisiones. Para estos efectos se ha construido un gráfico que señala las etapas principales de un proceso de planificación de inversiones en transporte urbano:



- En primer lugar se presenta la etapa donde se establece la visión de desarrollo de una determinada comunidad urbana que combina, en un ambiente participativo, la imagen de futuro y expectativas de sus habitantes, la visión y pronóstico de los expertos, las definiciones de políticas urbanas y de transporte y movilidad, la realidad actual y posibilidades materiales. Todos estos aspectos se traducen en un conjunto de lineamientos sobre lo que se pretende lograr en la ciudad, dentro de un marco razonable. Esta etapa puede ser todo lo abierta y participativa que se quiera y sus conclusiones son suficientemente generales como para no comprometer condicionamientos hacia otros subsistemas urbanos.
- En segundo lugar, en el proceso se considera la formulación de medidas, proyectos o planes que, a juicio de los actores participantes, satisfagan los lineamientos anteriores. Se trata en este caso de avanzar en la materialización de los propósitos e imágenes construidas, mediante acciones concretas de intervención en el sistema de transporte urbano. Esta etapa también puede ser todo lo abierta y participativa que se desee, pero sus conclusiones ya no son suficientemente generales como para no comprometer las relaciones (o condicionamientos) entre subsistemas urbanos. Más aún, el producto de esta etapa representa una apuesta que es coherente con la visión pero que en nada garantiza la congruencia con la dinámica de otros subsistemas urbanos. En esta etapa inicial de definición no está asegurado siquiera que al interior del sistema de transporte el plan sea adecuado.
- Quedan por resolver entonces la interacción con otros subsistemas –que podríamos llamar “horizontal”– y la interacción “vertical” dentro del sistema de transporte. Respecto de esta última, con tecnología de punta se establece la etapa de test de transporte (tercera etapa) que, mediante el uso de complejas herramientas matemáticas de simulación y pronóstico permite crear un subproceso iterativo de descarte y mejora hasta alcanzar un determinado grado de satisfacción técnica y económica. En esta etapa se recibe el conjunto de medidas y proyectos (planes) los que se codifican sobre una red de transporte que es modelada mediante un software previamente implementado y calibrado a partir de información de demanda, características socioeconómicas de la población, y características físicas y operacionales de la red de transporte.
- El producto de esta etapa se expresa en indicadores de bondad que permiten saber si el plan considerado contribuye o no a mejorar la calidad del sistema de transporte, proveyendo información técnica y económica, agregada o local, de manera de contribuir al análisis y direccionamiento de mejoras en los planes por parte de los actores relevantes de la ciudad. Por ejemplo, puede llevar a la eliminación de algún proyecto, la incorporación de otro, un cambio en la capacidad para acoger mayor flujo, un cambio en el diseño para reducir costos, entre otros. De esta manera se alimenta un proceso iterativo, según se indica en el diagrama, que permite optimizar la solución mediante la entrega a la comunidad de informes técnico–económicos de rendimiento tras cada aplicación del modelo, la recepción de vuelta de cambios o ajustes al plan, y así sucesivamente.
- Finalmente, alcanzado el nivel de satisfacción de los actores o la comunidad (estándares económicos, coherencia con la visión y prioridades de financiamiento, entre otros), el proceso concluye en una quinta etapa con un plan de inversiones que se integra a otra fase dentro de algún sistema general de desarrollo y financiamiento de inversiones del país o del territorio que corresponda.

Según se aprecia en las etapas 2, 3 y 4 del proceso, en estos modelos de transporte no se producen ni privilegian soluciones; simplemente se las somete a un test que mide sus bondades

para el transporte. Se puede discutir la calidad representativa o predictiva de algún modelo y, por lo tanto, la confiabilidad del test, pero un modelo, bueno o malo, no puede producir una solución. Las soluciones siempre provendrán de los actores involucrados en la etapa dos y su acierto dependerá del acierto de los creadores, además de los aportes y aprendizajes del proceso iterativo.

Un proceso de planificación de transporte urbano definido de esta manera toma del sistema urbano las actividades localizadas¹ y las convierte en viajes generados o atraídos usando información (encuestas) de viajes² y socioeconómica para calibrar modelos de generación por actividad, propósito y período de operación³. En este sentido se recogen los datos urbanos que explican viajes, es decir, los requerimientos que el uso de suelo representa en términos de demanda de transporte. La demanda registrada de esta forma replica entonces las necesidades de viajes que surgen de las localizaciones espaciales de los distintos subsistemas urbanos, y por lo tanto resuelve uno de los condicionamientos a los que se refiere el capítulo 1⁴.

Pero como no es suficiente disponer de una “buena foto” de las actuales necesidades de viajes⁵, los modelos de generación son empleados también para predecir situaciones futuras. En este caso deben recibir, para los cortes temporales que se definan, los valores estimados de las variables antes mencionadas: crecimiento de las actividades, desarrollo socioeconómico y cambios de uso de suelo previsible, entre otros, información que proveen entidades o especialistas urbanos y que se presenta normalmente por medio de distintos escenarios de desarrollo para estimar necesidades de viajes en distintos cortes temporales a futuro.

En definitiva, en esta etapa el proceso es suficientemente sensible como para captar los requerimientos actuales y futuros de transporte que se plantean en los subsistemas de salud, educación, comercio, y en general cualquier otro que tenga una expresión relevante y localizada.

Bajo este esquema es que se desarrollan los procesos y estudios de planificación de transporte urbano en Chile.

En este punto del análisis cabe comentar que el argumento de que los planes de inversión en transporte siguen necesariamente al “tráfico”, queriendo decir con ello que solamente responden a los flujos observados y proyectados reproduciendo la dinámica particular de dicha actividad urbana es, en el contexto metodológico descrito, inexacto. En efecto, los viajes generados o atraídos a partir de las actividades localizadas, para la situación actual y para los cortes temporales previstos, estarán fundamentalmente condicionados por la manera en que se describan dichas actividades (definidas externamente) y no por condicionamientos vinculados al tráfico observado. Se puede afirmar que tales viajes seguirán en el mediano y largo plazo la tendencia que representen los escenarios de desarrollo urbano y socioeconómico que sean definidos para cada corte temporal como entrada al modelo de transporte. Allí está el punto de partida para que dicho modelo pueda representar el funcionamiento de la red y probar el impacto de proyectos ejecutados sobre ella. En consecuencia, si por motivos de planificación indicativa o estimación del futuro urbano alguien considera que, por ejemplo, en 10 años un área vacía de la ciudad estará poblada con ciertos usos del suelo, el proceso de planificación de transporte descrito puede recoger tal situación hipotética y asimilarla como demanda activa en dicho

¹ El transporte es una actividad eminentemente espacial.

² Normalmente obtenida de una encuesta de origen y destino de viajes.

³ Puede haber otras formas de agrupar y calibrar modelos de generación de viajes, dependiendo de la calidad de ajuste que se desee obtener. Estos modelos forman parte de la herramienta de test de transporte a la que se refiere la etapa tres.

⁴ En otras palabras, el proceso de planificación así definido no es una “burbuja” sino que está abierto a los condicionamientos (requerimientos) de viajes de todos los subsistemas urbanos.

⁵ Esto es debido a que las inversiones en infraestructura de transporte urbano son de larga vida útil y deben analizarse en un horizonte de largo plazo.

corte, con todas las consecuencias que ello implica para la operación de la red y la evaluación de proyectos de inversión.

A diferencia del supuesto “predominio del enfoque transporte”, lo que ocurre en la práctica es que muchas veces no existen estimaciones de desarrollo urbano, o tienen tal grado de incertidumbre o imprecisión que impiden alimentar adecuadamente los modelos de transporte, y al momento de la asignación de fondos de inversión los encargados de tomar las decisiones sobre recursos públicos prefieren acoger apreciaciones (escenarios) tendenciales (“más confiables”) y solamente admiten estimaciones (escenarios) de contraste, como forma de validar la fortaleza de algún plan o proyecto⁶. Ello redundará en una suerte de continuidad que suele ser confundida con la idea de primacía del tráfico.

Aclarada la influencia del desarrollo urbano en la demanda de transporte dentro de la metodología, cabe hacerse la pregunta inversa, que se refiere al impacto de planes específicos de transporte urbano sobre el desarrollo de la ciudad y eventuales efectos positivos o negativos sobre otros subsistemas, que en definitiva afecten la calidad de vida de los ciudadanos. Y la respuesta es que en la realidad tales impactos y trastornos existen, pero la metodología de análisis mencionada está construida exclusivamente para estimar impactos sobre el sistema de transporte y no externos a él.

Así por ejemplo, la implementación de un determinado plan de inversiones en proyectos de transporte puede producir cambios en los costos de accesibilidad para un conjunto de actividades involucradas, lo que puede significar el auge de algunas y el decaimiento de otras, y habrá terceras que no se verán afectadas. No obstante, como se indicó, con los modelos de transporte no se predicen impactos en el uso del suelo; existen otras herramientas mediante las cuales se busca estimar los cambios en el mercado del suelo en presencia de paquetes de inversión o medidas que cambian los costos de transporte.

Se puede concluir entonces que, en el lenguaje de la “dualidad” planteada en el capítulo 1, existe una tensión entre lo general y lo específico que no es extraña a cualquier ámbito del conocimiento y que podría ser resuelta con el acoplamiento adecuado de herramientas de análisis que sean suficientemente sensibles a las variables en juego y a la escala del problema. De esta manera, la dualidad podría resultar más aparente que real.

B. Interacción entre subsistemas urbanos

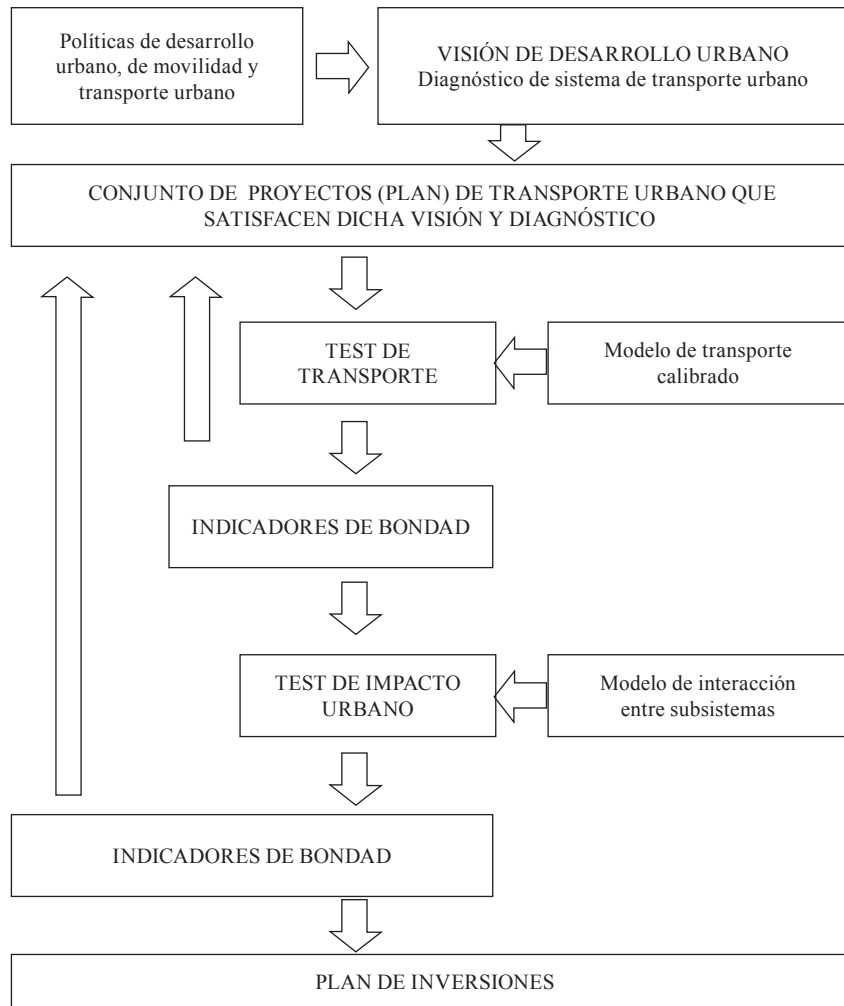
El sueño del planificador urbano es disponer de un modelo capaz de representar y predecir las interacciones entre los subsistemas urbanos con la mayor precisión posible y, por lo tanto, de señalar con alta probabilidad de acierto qué pasa cuando se interviene uno o más de uno de ellos. Por ejemplo, qué pasaría con el empleo o la seguridad ciudadana si se crea una red de escuelas o de hospitales.

Si existiera dicha herramienta, desde la perspectiva del transporte urbano la pregunta sería en qué etapa del proceso descrito en el punto A debería insertarse, de manera de producir un nuevo ciclo de optimización más general que el explicado, que permitiera conocer impactos sobre la ciudad e introducir cambios en los planes, sin sacrificar la especificidad y, en lo posible, los óptimos locales susceptibles de alcanzar con las metodologías propias del transporte urbano.

Una posibilidad es agregar en el gráfico 1 un test de impacto urbano tal como se indica en el gráfico 2 que se muestra a continuación, lo que permitiría validar el plan resultante del test de transporte en el contexto de las interacciones de la ciudad.

⁶ Se considera que cuando un proyecto da buenos resultados en un escenario tendencial y en uno de contraste, entonces está suficientemente “blindado” frente a cambios del futuro y puede ser ejecutado sin grandes riesgos.

GRÁFICO 2
PROCESO INTEGRADO DE PLANIFICACIÓN



Pero el acoplamiento de ambas herramientas no solamente tiene que ver con la lógica del proceso expresada en el gráfico, sino con las variables de entrada y salida de los respectivos modelos, que a su vez están condicionadas por su estructura interna. Para ilustrar lo anterior se presentan las salidas típicas de un plan de transporte modelado:

- Una carpeta de proyectos (o medidas) definidos a nivel de perfil físico y funcional.
- Flujos, velocidades y consumos de combustible a nivel de arcos de la red.
- Emisiones contaminantes a nivel de arcos de la red⁷.
- Indicadores operacionales y económicos del plan en su conjunto.

A su vez todas las intervenciones o proyectos del plan tienen ubicaciones específicas y los resultados en general corresponden a los períodos modelados⁸, más una expansión al día, mes y año para llevar la contabilidad a un ciclo básico de funcionamiento de la ciudad. Desde luego que los resultados pueden ser agregados. Por ejemplo, el consumo de combustible de todos los arcos de la red puede sumarse, expandirse y presentarse como el total del consumo anual de combustible de la ciudad

⁷ Para esto se requiere acoplar a las salidas del modelo de transporte un modelo de emisiones, por ejemplo, MODEM.

⁸ Períodos punta y fuera de punta normalmente.

en transporte. Los resultados a este nivel podrían eventualmente facilitar el acople con modelos de interacción agregados a nivel de ciudad, pero habría que preguntarse también qué se está sacrificando del análisis urbano cuando se realiza esta operación. A continuación se presentan algunos casos que ilustran esta inquietud:

- La unidad de decisión que resulta relevante tras un proceso de planificación de transporte urbano es la ejecución de un plan específico, pero las intervenciones reales son los proyectos, sus características y sus localizaciones. Uno de los aspectos sensibles como impacto sobre el territorio aledaño a las obras es precisamente el efecto visual y funcional que implica, por ejemplo, el surgimiento de una obra de gran volumen o una trinchera que altera el paisaje, la conectividad inmediata y la calidad del ambiente en términos de gases y ruidos. Abordar esta sensibilidad ambiental de la ciudad necesariamente requiere que los resultados del análisis tengan una expresión desagregada y territorial.
- La contabilidad general de emisiones de un plan podría servir para captar la tendencia favorable o desfavorable respecto de la ciudad en su conjunto, pero ¿qué pasa cuando, como ocurre por ejemplo en los centros de las ciudades, hay áreas que presentan problemas particulares de calidad del aire? ¿Cómo direccionar las localizaciones y funcionalidades de los proyectos para que apunten a mejorar esa situación? ¿Se puede prescindir de una información detallada y localizada de emisiones para gestionar este problema?
- El valor y uso del suelo pueden variar si cambian los costos de acceso como resultado de la implementación de un determinado plan, y el modelo de transporte entrega resultados de nuevos costos de acceso para cualquier par origen–destino. Como el valor del suelo es una variable eminentemente espacial y su seguimiento importa a los urbanistas y ciudadanos en general como efecto de largo plazo derivado del transporte, ¿de qué serviría disponer solamente de datos agregados o promedios de tiempos de acceso o de viaje?

La ciudad segregada, la ciudad monocéntrica, la ciudad expandida o concentrada y otras preocupaciones urbanas tienen una connotación espacial ineludible. En tal sentido, la combinación de modelos sectoriales–espaciales específicos con un modelo general de interacción entre subsistemas, como lo sugiere el diagrama anterior, no puede eludir la comprensión y tratamiento de estos problemas para avanzar. El progreso debe producirse desde un primer nivel de estimación de los impactos que tienen sentido a nivel agregado, hasta la articulación de relaciones en la escala y nivel de resolución que sean útiles a los encargados de tomar decisiones sobre planes y proyectos urbanos.

Una forma de iniciar esta búsqueda sería enumerar los impactos cuyo tratamiento conlleva un análisis territorial detallado, y determinar cuáles son los que tienen sentido para la ciudad en conjunto y por lo tanto pueden manejarse con información agregada. Está desde luego también la posibilidad de que el modelo de interacción general contenga distinciones espaciales que faciliten el encuentro entre las metodologías subyacentes. Finalmente, demás está decir que un modelo completo y detallado, sectorial e intersectorial para toda la ciudad, resulta por ahora inalcanzable.

C. Interacción entre transporte y uso de suelo: la respuesta de MUSSA

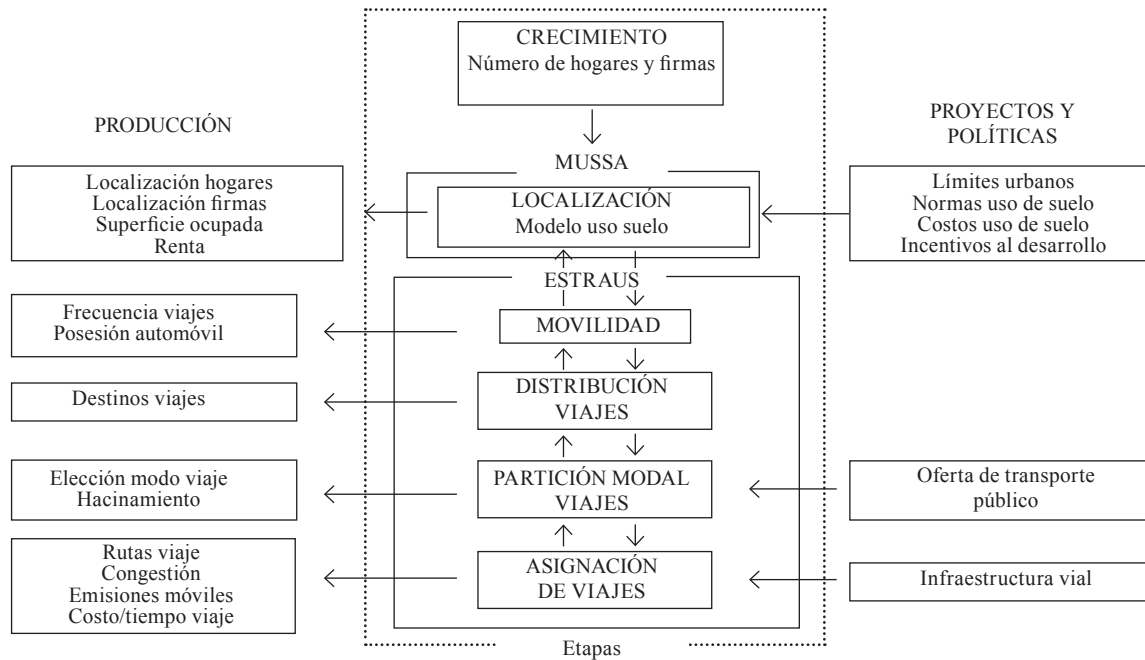
En el contexto de interacciones mencionadas en el capítulo anterior, MUSSA es un modelo que permite comprender mejor una de las relaciones más relevantes del ambiente urbano: la que ocurre entre el sistema de transporte y el mercado del suelo.

Las herramientas de análisis del transporte se orientan a describir y predecir el comportamiento del sistema de transporte urbano mediante una serie de modelos que, como en el caso de ESTR AUS, permiten evaluar políticas y proyectos de inversión.

Esta evaluación requiere, entre otros antecedentes, de escenarios de desarrollo urbano que incluyen un cúmulo de información sobre la localización de las distintas actividades que se realizan en la ciudad para cada corte temporal que sea establecido. Cada escenario de desarrollo urbano es una predicción basada habitualmente en un conjunto de supuestos sobre el crecimiento demográfico y económico de la ciudad y en información anticipada o expectativas de proyectos inmobiliarios próximos a concretarse. La distribución espacial de las actividades que un escenario de desarrollo urbano provee, alimenta a los modelos de generación y atracción de viajes del sistema de transporte, los cuales a su vez producen la demanda de viajes que se asigna a la red de transporte. La evaluación de los proyectos estratégicos depende fuertemente del resultado de este proceso de asignación de viajes el que, como se ha descrito, está condicionado en primer término por el escenario de desarrollo urbano.

Las técnicas de generación de escenarios de desarrollo urbano se han perfeccionado constantemente en los últimos años en Chile, y se han aplicado tanto al Gran Santiago para alimentar el modelo ESTR AUS como a ciudades de tamaño intermedio con el modelo VIVALDI. A pesar de que las metodologías antes mencionadas han sido concebidas e implementadas solamente como un escenario para el desenvolvimiento del sistema de transporte y no como modelos de localización de actividades urbanas, en la práctica las definiciones adoptadas en su diseño han sido consideradas y operadas como indicaciones generales para el desarrollo de la ciudad, con las consiguientes insuficiencias y errores. De esta debilidad surge entonces la idea de desarrollar un modelo estratégico de localización urbana de actividades residenciales y no residenciales y de formación de rentas o precios de uso en el mercado inmobiliario del Gran Santiago. Y la respuesta se llama MUSSA (Modelo de Uso de Suelo de Santiago).

GRÁFICO 3
MODELO INTEGRADO TRANSPORTE–USO DE SUELO⁹



⁹ “Análisis de políticas de usos de suelo”, Universidad de Chile, informe final, 2002.

Según se aprecia en el gráfico 3, a las cuatro etapas del modelo clásico de transporte (recuadro inferior al centro), se agrega un modelo de localización que es MUSSA propiamente tal y un modelo de crecimiento que lo alimenta. La información de entrada o los escenarios en que operan estos modelos figuran en el lado derecho, y las salidas o resultados en el lado izquierdo. Los modelos están compuestos, en primer término, por el modelo de crecimiento que define la demanda en términos de hogares y actividades económicas (firmas) a escala macroscópica en la ciudad. A continuación, el modelo MUSSA se encarga de efectuar una distribución espacial de esta demanda en la ciudad. Esta localización de actividades definida por MUSSA alimenta la primera etapa de modelos de transporte: los modelos de generación (atracción) de viajes. Este modelo, a su vez, condiciona las siguientes etapas de la serie: los modelos de distribución, partición modal y asignación a la red de los viajes urbanos.

La interacción entre el sistema de transporte y el de uso de suelo ocurre no solamente porque este último alimenta al primero, proveyendo una distribución espacial de actividades que induce la generación de viajes, sino también porque el modelo de transporte entrega información a MUSSA para el cómputo de la accesibilidad, atributo considerado por los consumidores del mercado inmobiliario urbano.

III. El caso Transantiago

A. Selección del caso y argumentos

En los capítulos anteriores se ha planteado una discusión metodológica motivada por los mutuos condicionamientos existentes entre el transporte y los sistemas urbanos, punto de partida para la articulación de una visión que apunte a un desarrollo urbano coherente y sostenible.

Aclaradas las capacidades y limitaciones de los modelos que serán utilizados en la representación y cálculo de la variación de emisiones, a continuación se señalan los criterios a utilizar en la selección del caso específico de análisis. En el marco de plazo y recursos disponibles para el proyecto, la elección debía cumplir las siguientes condiciones:

- Ciudad de tamaño medio o mayor, susceptible de vincular a una actividad intensa de transporte y por lo tanto con volúmenes importantes de emisiones, que pudieran presentar un potencial significativo de reducción mediante inversiones en el transporte urbano. Con esta condición se pretende determinar y poner a prueba intervenciones que pudieran constituir referentes útiles para la región, aplicadas en un entorno ya estresado en sentido ambiental.
- Ciudad que cuente con un modelo de transporte implementado, probado con éxito en sus capacidades y en condiciones de ser utilizado para el análisis de proyectos y medidas de transporte con bajas emisiones de carbono. Esta es una condición práctica destinada a posibilitar resultados en el estrecho margen de plazo del estudio.
- Ciudad que disponga de proyectos ejecutados o planes o medidas de transporte por ejecutar que pudieran ser motivo de un análisis *ex post* o *ex ante* desde el punto de vista de reducción de emisiones de efecto invernadero. Esta es una condición que facilita la selección del caso debido al poco tiempo que existe.

A su vez, como antecedente a la búsqueda de medidas o proyectos que potencialmente tengan bajas emisiones de carbono, se consideraron casos analizados con motivo del estudio “Estrategias y medidas para el desarrollo de infraestructura de transporte urbano basada en principios de

ecoeficiencia. Análisis aplicado al área metropolitana de Coquimbo–La Serena¹⁰. En dicho estudio se analizaron medidas que habían sido simuladas en diversas ciudades chilenas con una metodología comparable a la descrita en el capítulo 2, y que podrían constituir soluciones de referencia destinadas a reducir emisiones¹¹.

La discusión sobre estos y otros proyectos (por ejemplo, el análisis de extensión de la red de metro en Santiago) que han sido motivo de estudios de impacto en emisiones, llevaron a poner atención en procesos globales de reformas al transporte público, los que en general contemplan un conjunto de cambios que se asocian a menor emisión: reducción de la congestión, incremento o mantenimiento de la partición modal del modo autobús, ajuste de flotas a demanda real, corredores de autobuses que permiten mejorar las velocidades de estos vehículos, normas de seguridad y emisiones más exigentes y flotas más modernas, entre otros. Se llegó entonces a la conclusión de que esta serie de cambios podría otorgar a las reformas generales del sistema de transporte urbano un potencial particularmente significativo de eliminación de emisiones de efecto invernadero.

En medio de este análisis surgió Transantiago como un caso de interés para explorar ex post los impactos asociados al cambio entre el sistema de “autobuses amarillos” existente hasta antes de 2007 y el actual sistema integrado de transporte urbano, con todos los ajustes implementados hasta 2010.

Algunos antecedentes de demanda de esta intervención mayor sobre el sistema de transporte de la capital chilena se habían estudiado con el modelo estratégico ESTR AUS, lo que significaba la posibilidad de disponer de un modelo implementado, conocido y probado. A la vista de los argumentos y facilidades mencionados se escogió finalmente el sistema Transantiago como caso de análisis. Dado que Santiago presenta importantes problemas de calidad del aire durante el invierno, la posibilidad de determinar beneficios ambientales locales constituyó un argumento adicional para reafirmar esta elección.

En el lenguaje de la metodología descrita en el capítulo 2, el trabajo de comparación para las situaciones sin y con Transantiago abarca las etapas 2, 3 y 4 del gráfico 1, precisamente porque se utilizan herramientas que ya están implementadas.

B. Antecedentes de Transantiago

El proyecto Transantiago, la más profunda y a la vez controvertida intervención realizada en el sistema de transporte urbano de Santiago de Chile, sucede a una serie de cambios que se venían gestando en el marco regulatorio de los servicios de autobuses, los que a su vez responden al fracaso del modelo de libre competencia que había operado hasta los ochenta. En este período de transición que va desde la libertad de los ochenta hasta el esquema planificado e integrado de la actualidad, se habían incorporado de manera incipiente algunas innovaciones en infraestructura especial para autobuses, como es el caso de un corredor en Avenida Grecia.

En términos ambientales esta transición incluye además un importante desarrollo normativo y de control respecto de emisiones vehiculares, en el cual los autobuses constituyen uno de los focos

¹⁰ Publicación en preparación.

¹¹ Se analizaron dos casos: i) alternativas de restricción de dos dígitos en Temuco–Padre las Casas, donde se comparan los ahorros derivados de implementar la restricción a todos los vehículos con la producción anual tendencial de emisiones, concluyendo que dichos ahorros son relevantes y oscilan entre un 10 y un 24%. Al comparar con el incremento tendencial de emisiones, estos porcentajes de reducción son significativos; ii) cambios en la calidad del combustible en Calama, que consisten en pasar de un contenido de 500ppmS de azufre a 50 ppmS. La reducción de emisiones en toneladas por año es de 1,89 (PM10); 4,38 (CO); 4,9 (NOx) y 1,31 (HC). A diferencia del caso de la restricción vehicular en Temuco, las reducciones son menos relevantes respecto del total de emisiones producidas por el sistema de transporte urbano local.

más relevantes; todo esto se explica a partir de las malas condiciones ambientales de la cuenca de Santiago. Tal es así que en 1996 se declara a la Región Metropolitana como “zona saturada” por ozono, material particulado respirable, partículas en suspensión y monóxido de carbono, y “zona latente” por dióxido de nitrógeno. Posteriormente, en 1998 se establece el Plan de prevención y descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana, con el que se introducen exigencias vinculantes dirigidas al sector del transporte:

- Reducir las emisiones por vehículo.
- Reducir las emisiones en los sistemas de transporte.
- Incorporar la variable ambiental en la planificación del transporte.
- Evitar nuevos viajes motorizados.

Con estos antecedentes a la vista, además de los crecientes problemas de congestión y deterioro del transporte público, en 2000 se dispone la redacción de una propuesta global que se denomina PTUS (Plan de transporte urbano de Santiago). Mediante esta propuesta se pretende otorgar coherencia a todas las decisiones involucradas en el sistema de transporte, buscando coordinar acciones y racionalizar la oferta vial y el uso del automóvil. Se procura también una mejor localización de actividades y servicios, especialmente los de educación y salud, la creación de subcentros urbanos, el mejoramiento de espacios urbanos para los peatones y bicicletas, y el perfeccionamiento del transporte público en la ciudad. Resalta en esta línea de racionalización el incentivo a un transporte público como modo de transporte principal, con la mejora de la calidad de los servicios y la seguridad integral del sistema.

El PTUS estaba constituido por doce programas de corto, mediano y largo plazo:

- Modernización del transporte público
- Inversiones viales y regulación del transporte privado
- Relocalización de establecimientos educacionales
- Impulso a nuevas áreas de comercio y servicios
- Cambios en la tendencia de localización de hogares
- Estímulo a modos no motorizados de transporte
- Plan de medidas inmediatas
- Regulación del transporte urbano de carga
- Fiscalización
- Financiamiento
- Comunicaciones
- Medio ambiente, seguridad y control de gestión

Se observa entonces que el primer programa se refiere expresamente a un cambio estructural del transporte público, y constituye una primera mención conceptual de Transantiago como parte de un conjunto de intervenciones sobre el sistema de transporte. Esta “modernización del transporte público” contiene a su vez las siguientes iniciativas:

- Integración física, operacional y tarifaria a partir de una estructura jerarquizada de la red de autobuses, divididos en servicios troncales y alimentadores, donde el metro es un servicio troncal.
- Nuevo sistema de pago, coherente con la integración tarifaria.

- Unidades de negocios basadas en áreas de servicio.
- Infraestructura especializada para transporte público en corredores troncales.
- Nuevo sistema de paradas y estaciones de transferencia.
- Incentivos a la organización empresarial de la industria.

Este Programa finalmente pasa a denominarse Transantiago en 2003 y, siguiendo los conceptos expuestos, experimenta un largo proceso de diseño y evaluación que incluye algunas propuestas institucionales. En medio de este panorama, durante 2004 se hacen públicos los resultados de la encuesta de origen y destino de viajes–2001, que evidencia una disminución significativa de la participación del transporte público en los viajes de la ciudad. Este hecho produce diversas reacciones públicas que presionan por definiciones más categóricas para preservar el rol de dicho modo de transporte, lo que finalmente lleva a reforzar las siguientes metas para Transantiago: 1) “mantener y aumentar la participación del transporte público en el sistema de movilidad de la ciudad”, y 2) “reducir externalidades, a través de la implementación de una forma de movilización más segura, oportuna, informada y rápida que se sustente financiera, social y ambientalmente y que contribuya a mejorar la calidad de vida de Santiago y aporte a la descontaminación”.

Como se ha indicado, la idea de un sistema estructurado de esta forma se había estado contemplando durante muchos años de experimentación y análisis, en gran medida sobre la base de la investigación liderada por algunas universidades chilenas. Desde las primeras pruebas de “Pistas solo bus” (carriles exclusivos para autobuses) realizadas en la principal arteria de la capital –conocida como la Alameda– a fines de los setenta y licitaciones de autobuses a inicios de los noventa, hasta 2007 en que se inaugura Transantiago, se produjeron importantes cambios en la tecnificación de los análisis de tránsito, de diseño y evaluación económica de infraestructura vial y de planificación de transporte urbano en general, lo que de alguna manera influyó favorablemente en el diseño del sistema. Teniendo a la vista que las innovaciones derivadas de estas capacidades técnicas no habían tenido mayores problemas de implementación en el pasado, la explicación del colapso ocurrido a partir de febrero de 2007 parecería estar vinculada principalmente a la inexistencia de una institucionalidad adecuada y compatible con la envergadura del nuevo sistema. Sin perjuicio que la discrepancia técnica y política de hoy sobre Transantiago sigue repartiendo culpas entre el diseño y la implementación, parece evidente que si ambos aspectos hubieran estado radicados en una instancia de real gobierno de la ciudad, o al menos de su sistema de transporte, el desenlace del proyecto podría haber sido muy diferente.

Un sistema que prometía ser seguro, eficiente, cómodo, a una tarifa similar al sistema anterior, menos contaminante, con mejor calidad de servicio y con facilidades para discapacitados, sorprendió a los habitantes de Santiago en febrero de 2007 con un importante desajuste entre la oferta de servicios y las necesidades reales de viaje de la población. Los desaciertos iniciales pueden resumirse en:

- Déficit en cobertura de servicios.
- Déficit en frecuencia.
- Déficit de infraestructura especializada.
- Exceso de transbordos.
- Congestión excesiva en el metro.

Junto a estas debilidades, el sistema desde su inicio presenta ventajas importantes en:

- Eficiencia y comodidad en la operación del medio único de pago.
- Autobuses de mejor estándar ambiental, seguridad y comodidad.
- Cambio en la estructura empresarial de los operadores.

- Mayor seguridad en el servicio y disminución de accidentes.
- Reducción de emisiones, que es la interrogante que motiva este análisis.

A contar de esa fecha el sistema ha ido evolucionando en el sentido de corregir los problemas presentados, proceso cuyas características se resume en las siguientes cifras:

CUADRO 1
EVOLUCIÓN DE TRANSANTIAGO ENTRE FEBRERO DE 2007 Y FEBRERO DE 2009

Servicios	Febrero 2007	Febrero 2009
Troncales	89	141
Alimentadores	133	185
Total	222	326
Servicios expresos	0	14
Paradas con refugio	3 013	7 556
Zonas pagas	0	155
Autobuses equivalentes ^a	4 500	6 400
Kilómetros de corredores	15,6	60
Puntos de carga tarjeta BIP	558	1 919

Fuente: Coordinación de Transantiago, 2009.

^a Autobús de 77 pasajeros considerado como base de comparación.

Las cifras indican que en un lapso de dos años se produce un aumento muy importante de la oferta de servicios (46,8%), el equipamiento de paraderos crece 2,5 veces, la flota de buses equivalentes crece en un 42%, se crean 155 zonas pagas, se cuadruplican los kms. de corredores y los puntos de carga BIP aumentan en 3.4 veces.

Esta evolución acelerada del nuevo sistema sin duda va acompañada de cambios en la calidad del servicio y sus probables consecuencias en la partición modal. Por ello, cuando se quiere realizar una evaluación de los resultados de Transantiago (como corresponde al presente estudio), es preciso establecer con mucha claridad en qué momento se hace el corte temporal para contrastar las situaciones sin y con proyecto. Esta definición se discute en el capítulo 5.

IV. Contexto ambiental y de emisiones del proyecto

La experiencia de Transantiago estuvo precedida y acompañada no solamente por análisis de transporte sino también por diversos estudios ambientales y de emisiones, entre los que se destacan:

A. Evaluación ambiental estratégica (EAE)

En primer lugar y antes de la puesta en marcha de Transantiago, se realizó una evaluación ambiental estratégica¹² del entonces llamado Programa de transporte público de Santiago –PTP– nuevo nombre para el mismo programa del PTUS “Modernización del transporte público” presentado en el capítulo III). En esta EAE se concluye que el nuevo sistema “...produce un efecto positivo de nivel medio (moderado) en general”¹³, lo que tiene su razón, a juicio de los consultores, en que el sistema había sido concebido en origen para dar respuesta a la problemática medioambiental existente en la Región Metropolitana, incorporando de manera explícita la variable ambiental en el proceso de toma de decisiones.

En particular, la EAE reporta que el plan genera un efecto positivo alto en seguridad, integración social y gestión de residuos sólidos / líquidos. Además, produce un efecto positivo medio en socioeconomía¹⁴ y positivo leve en los componentes aire, paisaje urbano, energía, ruido y uso de suelo. El componente patrimonio cultural es calificado con un efecto neutro. Si bien el PTP genera un efecto positivo medio general, en el estudio se recomienda instrumentar medidas de mitigación ante probables efectos locales adversos en los componentes ruido y patrimonio cultural.

Cabe mencionar que en el propio estudio se advierte que los resultados de la EAE no predicen necesariamente los efectos ambientales del PTP, ya que “...a la fecha muchos de los elementos de su

¹² Estudio realizado en 2006 por la consultora C4S para el Ministerio de Transportes de Chile.

¹³ “Nivel medio” proviene de la escala de clasificación de impacto: nulo, bajo, medio y alto.

¹⁴ Incentivar la actividad económica y la generación de empleo.

diseño no han sido implementados” y “...el número y recorridos de los buses en la actualidad difiere de lo definido por los modelos de diseño del PTP”¹⁵.

En rigor, la EAE se hizo sobre un sistema de transporte que nunca operó y que además, tras su puesta en marcha, experimentó numerosas e importantes modificaciones de diseño físico y operacional, lo cual ha modificado las condiciones del servicio de transporte y el correspondiente régimen de emisiones. Por todos estos motivos, es posible considerar que la situación de transporte representada por la EAE no refleja ningún estado real de Transantiago entre su puesta en marcha (2007) y el actual estado de régimen (2010).

B. Seguimiento de emisiones e impacto en la calidad del aire

También desde 2006 se vienen realizando estudios específicos con los que se busca evaluar el impacto de Transantiago en la calidad del aire. El primero de ellos caracterizó las condiciones relevantes observadas en los meses de invierno de 2006¹⁶, y puede ser identificado como un registro de diagnóstico previo a la puesta en marcha del sistema.

Durante 2007 se realizó un segundo estudio de similares características metodológicas¹⁷, también en los meses de invierno, que refleja el período de transición en que se presentaron las mayores dificultades operacionales del nuevo sistema de transporte: aglomeración significativa en paradas y vehículos, frecuencias insuficientes y ausencia de autobuses principalmente en sectores periféricos de la capital. Este período estuvo caracterizado por la ampliación e introducción gradual de recorridos, la incorporación paulatina de más autobuses en circulación, y el reemplazo de vehículos antiguos. También se invirtió en la construcción de nuevas infraestructuras viales y en la creación de “zonas pagas” en paradas importantes (véase cuadro 1).

Un tercer estudio de la serie se realizó durante 2009, en el mismo período de invierno, cuando el sistema presenta indicios precarios pero reales de entrar en régimen operacional después de constantes ajustes.

Conforme a una metodología común, mediante todos estos estudios se busca medir el impacto de Transantiago a partir de observaciones directas de flujos, emisiones y calidad del aire en puntos específicos de la ciudad. La metodología incluye tres componentes principales: mediciones de calidad del aire, conteo y categorización de flujos vehiculares en seis puntos de la capital chilena, y modelación a escala metropolitana y local. Para ello se realiza una estimación de emisiones en vías escogidas sobre la base de los conteos de flujos y factores de emisión, a lo que se agregan datos de contaminantes medidos a nivel de la vereda y de techo de las edificaciones. Finalmente se modela la dispersión de los contaminantes emitidos por los vehículos en esas vías en particular, para cuyo efecto se debe describir también la geometría de la calle y la altura de los edificios¹⁸.

La importancia de disponer de mediciones directas se fundamenta en que Santiago de Chile presenta una condición química compleja que hace que las emisiones evolucionen en el corto plazo (pocas horas) como reacción a la presencia de otros contaminantes, lo que obliga a medirlas en condición

¹⁵ Se refiere a los modelos de ESTRAUS.

¹⁶ “Análisis y evaluación del impacto de Transantiago en la calidad del aire de la Región Metropolitana, 2005–2007” (2007), estudio realizado por CMM Chile para la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

¹⁷ “Análisis y evaluación del impacto de Transantiago en la calidad del aire de la Región Metropolitana, 2007” (2008), estudio realizado por CMM Chile para la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

¹⁸ Este tipo de modelos de medición de la calidad del aire se denomina “street canyon”.

“fresca” –en particular las asociadas directamente a los autobuses– para no perder su huella en la atmósfera. Por esta razón, la información más importante que provee el estudio es la confiabilidad de la distribución de tamaño de las partículas, porque las más pequeñas (ultrafinas) se asocian directamente a las emisiones de escape de motores diésel.

Las conclusiones de la serie de tres estudios se resumen del siguiente modo:

- Se observa una reducción importante en el flujo de autobuses en los puntos de observación (entre un 47 y un 59%), a diferencia de la circulación de automóviles que muestra un aumento de entre el 10 al 27%. La disminución del número de autobuses deriva en un menor número de partículas ultrafinas y hollín, algo que no ocurre con los óxidos de nitrógeno (NO_x), ya que el crecimiento en el uso de automóviles produce el efecto contrario. Pese a las mejoras constatadas, el número de partículas es muy alto si se compara con la experiencia internacional.
- Por otro lado, las mejoras en la calidad del aire a nivel de calle no pueden ser detectadas por la red de monitoreo oficial MACAM (MP_{10}), ya que son principalmente emisiones “frescas” constituidas de partículas ultrafinas. Dado su tamaño, su aporte al MP_{10} en masa es bajo (en mg/m^3), no así en número (número de partículas/ cm^3). Las mediciones de la red MACAM poseen un enfoque urbano residencial¹⁹, o si se prefiere representan el nivel de exposición poblacional a la contaminación atmosférica.
- A partir de estas conclusiones –el estudio señala– se puede establecer que para evaluar el impacto de Transantiago se hace necesario contar con la instalación de un sistema de monitoreo ad–doc, de diferentes características a las que dispone la red de monitoreo actual, ya que no detecta los cambios que el sistema de transporte urbano puede exhibir a lo largo de su implementación.
- En resumen, en el estudio se observa una reducción de los niveles de contaminación entre el escenario base y el período de transición; sin embargo, su concentración aún está por sobre los niveles registrados a escala internacional, al menos en lo que se refiere a partículas ultrafinas²⁰. Este hecho es importante, ya que una porción relevante del MP medido en la estación MACAM Parque O’Higgins de la capital chilena corresponde a carbono elemental²¹ (que aumenta en invierno), el que es generado por la combustión de combustibles fósiles, siendo el uso del diésel un aspecto a tomar en consideración cuando se evalúan las fuentes principales de este particulado. Con la renovación e incorporación de autobuses provistos de mejor tecnología probablemente se consigan menores concentraciones de MP y un menor aporte del carbono elemental. Además, también se podría avanzar hacia reducciones de NO_x y óxidos de azufre, SO_x (mejor combustible), que pueden significar beneficios en reducción de aerosoles secundarios.

¹⁹ Nomenclatura internacionalmente utilizada para clasificar las estaciones de monitoreo de contaminantes atmosféricos.

²⁰ Los niveles registrados pueden encontrarse en “Experimental studies of ultrafine particles in streets and the relationship to traffic” y sus referencias, artículo de investigación extraído de Atmospheric Environment 35 Supplement N° 1 (2001), S63-S69.

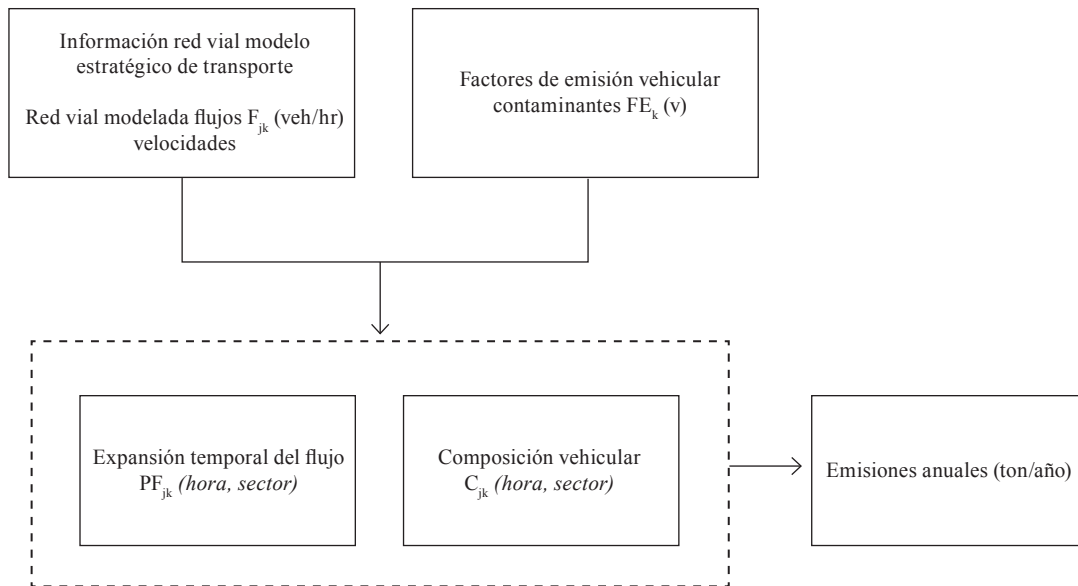
²¹ Las partículas ultrafinas emitidas por los autobuses son el núcleo al cual se van adhiriendo aerosoles a medida que van envejeciendo, y van progresivamente aumentando en masa. En la estación Parque O’Higgins de Santiago de Chile el contenido de hollín no es la fracción más importante del $\text{MP}_{2,5}$.

C. Selección de metodología para el análisis de emisiones

A diferencia del enfoque recién comentado, la metodología de análisis de impacto en emisiones que se utiliza en el presente estudio recibe los datos de un modelo de transporte, en este caso ESTRAUS, que entrega información detallada de la operación del sistema de transporte a nivel de 16.000 arcos de la red y, acoplado un modelo de emisiones (MODEM), transforma dichos datos en emisiones. A su vez, un tercer modelo (MODEC) puede determinar el valor económico de las variaciones de emisiones, teniendo a la vista los impactos en salud. De esta forma el análisis permite estimar los efectos del plan, para toda la ciudad, en variables propias del transporte, en variables de emisiones y en variables económicas.

En el gráfico 4 se presenta la interacción entre el modelo de transporte y el de emisiones, donde el primero aporta los flujos y velocidades para cada arco de la red y tipo de vehículo y el segundo incorpora factores de emisión por tipo de vehículo en función de la velocidad. Con estos datos se realiza una expansión de los flujos de vehículos para cada hora de operación y sector (en este caso los sectores corresponden a las unidades de negocios del sistema) y con información externa de composición horaria de los flujos (histogramas) se obtiene finalmente la información sobre las emisiones vehiculares.

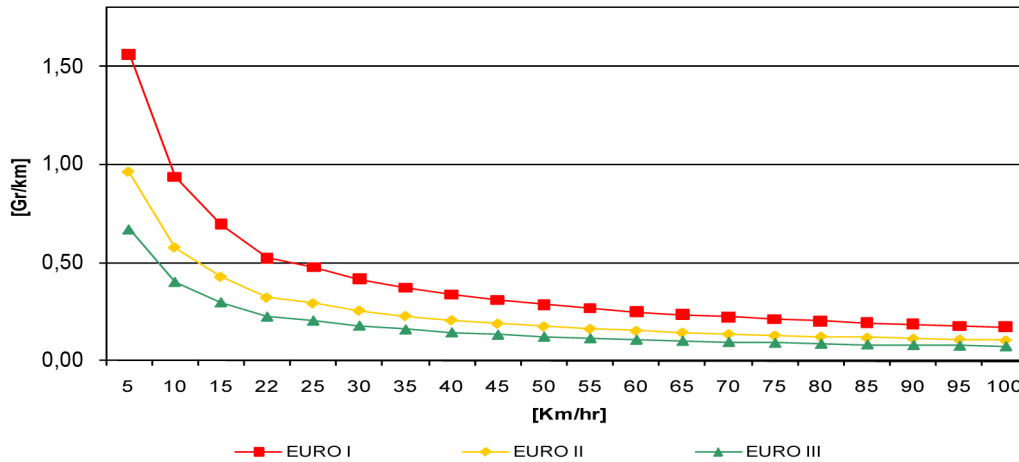
GRÁFICO 4
MODELO DE TRANSPORTE Y MODELO DE EMISIONES



Fuente: SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte, Gobierno de Chile).

La importancia de la modelación operacional del sistema de transporte radica en que la información detallada –especialmente sobre velocidades– es muy determinante de la exactitud con que se calculen las emisiones, debido a la dependencia entre ambas variables. Si se observa la curva que las relaciona, en inmediaciones a velocidades bajas (menores que 30 km/hr) las variaciones de emisión son muy significativas, fenómeno que no sería captado si se trabajara con velocidades promedio o agregadas. En el siguiente gráfico se presenta un ejemplo de curva de emisiones en función de la velocidad para normas Euro I, Euro II y Euro III.

GRÁFICO 5
CURVA DE EMISIONES DEL TRANSPORTE PÚBLICO
Emisiones (gr/km) de MP 10
Buses transporte público



Fuente: SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte, Gobierno de Chile).

Se aprecia además que en el tramo mencionado la relación no es lineal y, por lo tanto, en situaciones de congestión, comunes en grandes ciudades, esta representación detallada de flujos y velocidades es fundamental para no distorsionar el cálculo de emisiones. Si se realizara sobre la base de valores promedio, el resultado más probable sería una subvaluación de las emisiones. Hay que señalar además que los flujos y velocidades no solo tienen una diferenciación espacial sino también temporal, lo que hace aún más crítica la condición expuesta.

En consecuencia, si bien la observación directa de emisiones (véase el punto IV. B) tendría la ventaja de llevar un registro de impactos ambientales sin requerir etapas intermedias de modelación de transporte, esa validez puntual no es suficiente para conocer el efecto de un plan en el conjunto del área que se ve afectada. Para hacerlo se requeriría de modelaciones y expansiones para llevar los valores locales de emisiones a la ciudad completa, con lo cual se perdería la ventaja mencionada. En síntesis, el método directo aludido aporta información importante sobre condiciones locales de emisión, evolución y calidad del aire asociadas a intervenciones en transporte, pero las características de Transantiago sugieren el uso de una herramienta que junto con tener la cobertura espacial adecuada disponga del nivel de detalle suficiente para un cálculo afinado de las emisiones. En el presente estudio se pretende hacer un aporte sustantivo en esta materia.

D. Particularidades de MODEM y MODEC

1. Cobertura y parámetros de MODEM

Además de las emisiones producidas por los vehículos en movimiento (emisiones en caliente), en MODEM se consideran las emisiones en frío (fase transiente en que el motor no ha llegado a su temperatura de operación y los dispositivos de reducción de emisiones funcionan parcialmente), las evaporativas (que no salen por el tubo de escape), las emisiones de polvo que levantan los vehículos y las emisiones por desgaste (especialmente durante el frenado). A su vez, las emisiones evaporativas

se dividen en: emisiones durante el día, emisiones por detención en caliente y pérdidas durante el recorrido.

Los tipos de contaminantes que se consideran en MODEM se dividen en locales y globales:

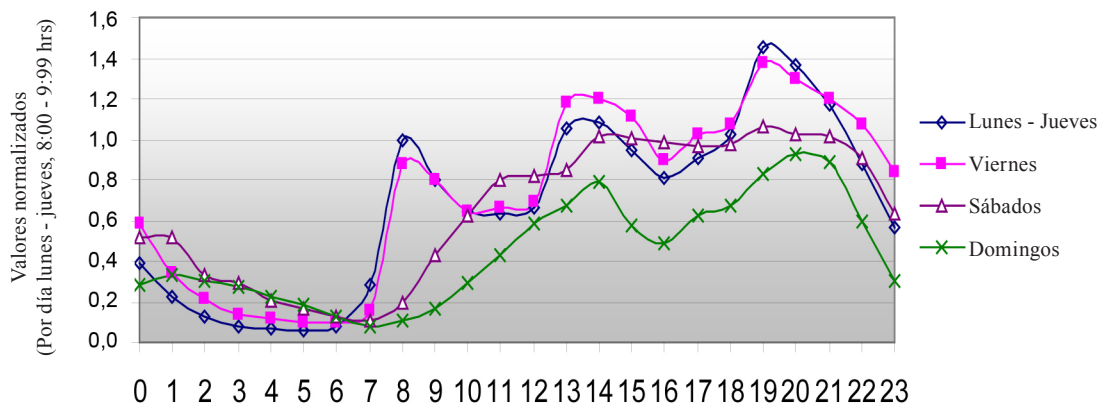
Locales: PTS; MP10; MP2,5; CO; HCT; NOX; SO2; NH3; y CC.

Globales: CO2; CH4; y N2O.

Y las categorías de vehículos consideradas son: autobuses urbanos, autobuses interurbanos y rurales, taxis colectivos, camiones, vehículos particulares (automóviles, camionetas y motos).

El modelo MODEM implementado en la capital chilena contiene un levantamiento de información de flujos para cada unidad de negocios de Transantiago, que representa la demanda y sus variaciones en la forma de un histograma de flujos vehiculares entre las 0:00 y las 23:00 horas, por sector y tipo de vehículo.

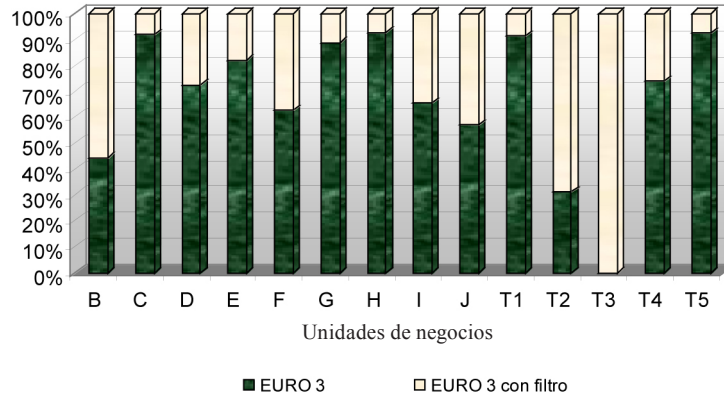
GRÁFICO 6
EJEMPLO DE HISTOGRAMA SEMANAL DE VEHÍCULOS PARTICULARES
Perfil semanal de vehículos particulares (normalizado)
Zona 1 / sentido norte-sur



Fuente: SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte, Gobierno de Chile).

Esta información permite expandir temporalmente los valores de emisiones calculados para los vehículos en conformidad a los factores de emisiones mencionados anteriormente. Y para poder aplicar los factores señalados, MODEM dispone de una distribución “tecnológica” de la flota que señala para cada unidad de negocios la composición de vehículos según la norma de emisión que cumplen:

GRÁFICO 7
DISTRIBUCIÓN DE AUTOBUSES SEGÚN NORMA
Composiciones tecnológicas de autobuses de Transantiago
Escenario 2010



Fuente: SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte, Gobierno de Chile).

Del gráfico se desprenden diferencias importantes entre unidades de negocios, lo que representa un argumento adicional para considerarlas por separado.

2. Características de MODEC

MODEC es un modelo de evaluación económico–ambiental que permite valorar los cambios en emisiones asociados a proyectos de transporte. Para ello, además de las emisiones requiere de información de calidad del aire y de los costos ligados a las muertes y a las diferentes patologías que se originan como resultado de la exposición de las personas a condiciones ambientales adversas.

Los daños a la salud que tienen que ver con la contaminación ambiental varían considerablemente dependiendo de la concentración de emisiones en la atmósfera local. De ahí que en el análisis se debe considerar la interacción de las emisiones con el entorno atmosférico por medio de un modelo de dispersión que permita describir y predecir el comportamiento de dichas concentraciones en el tiempo y en el espacio.

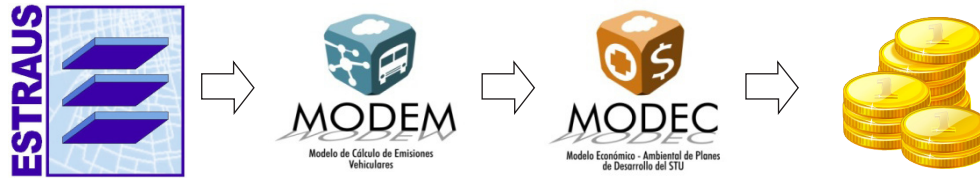
Con MODEC se captan los efectos en la salud en sus dos componentes: morbilidad (enfermedades) y mortalidad (muertes) y los contaminantes que se consideran relevantes para estos cálculos son: material particulado fracción respirable (MP10), (MP2,5) y ozono (O3).

La metodología del modelo cuantifica los impactos en la salud mediante un método indirecto con el que se determinan en primer lugar los cambios en los niveles de contaminación a la que está expuesta la población, producto de algún proyecto o medida que altera las fuentes emisoras. Luego se cuantifica la incidencia en número de casos de los efectos en la salud asociados a dichos cambios de contaminación ambiental, y finalmente se valoran socialmente cada uno de los efectos en la salud.

Los antecedentes técnicos que permiten asociar cuantitativamente la concentración de un contaminante atmosférico con la incidencia de un determinado efecto en la salud de la población, son conocidas como funciones concentración–respuesta (C–R), resultados de estudios epidemiológicos cuyo análisis proporciona el valor de la pendiente de la curva C–R. Estos resultados son complementados con las tasas de incidencia local que permiten la cuantificación de los casos en los que se han evitado efectos en la salud.

Finalmente, en el gráfico se presenta el conjunto de modelos que son utilizados en el presente estudio:

GRÁFICO 8
SECUENCIA DE MODELOS PARA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y DE TRANSPORTE



Fuente: SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte, Gobierno de Chile).

Estos modelos siguen la secuencia: ESTRAUS que representa el sistema de transporte y entrega los indicadores operacionales, MODEM que determina el régimen de emisiones asociado y MODEC que calcula el valor económico de tales externalidades.

V. Presentación del análisis de Transantiago

Debido a los innumerables cambios que ha tenido Transantiago en su diseño y especialmente desde su puesta en marcha (véase el cuadro 1), la selección y composición de las situaciones a comparar es clave para entender el significado y alcance de los resultados. Por cierto, la validez de la comparación depende también de la calidad de la información que se utilice.

Desde la perspectiva de las variables de transporte, con la comparación se busca establecer las diferencias de los indicadores operacionales típicos (velocidad media de operación, distancias de viaje, consumo de recursos y otros) entre la situación “actual” de Transantiago (2010), que dispone de una modelación reciente, y una situación hipotética –que se modela especialmente para fines de este estudio– correspondiente a la situación más probable que tendría el sistema de autobuses amarillos operando en 2010 como si Transantiago nunca hubiese existido.

Para este análisis se dispone de dos fuentes de información:

- a) Corridos ESTRAUS para los períodos “punta de la mañana” y “fuera de punta” en 2005, donde se encuentran codificados los “autobuses amarillos”, es decir, los 370 recorridos licitados de transporte público y sus frecuencias previos al Transantiago.
- b) Corridos ESTRAUS para los períodos “horas punta de la mañana” y “fuera de punta” en 2010, donde se encuentran codificadas 485 líneas de transporte público (según sentido ida y retorno) correspondientes a aproximadamente 240 servicios del sistema Transantiago²². En estas corridos se incorporan las extensiones de las líneas 1 y 5 del metro y los corredores de transporte público implementados como parte del proyecto Transantiago.

Estas últimas modelaciones provienen del análisis de pre factibilidad realizado para las líneas 3 y 6 del Metro (2009-2010), a las cuales se les aplicó un factor de ajuste a las frecuencias en el período

²² Las corridos originales de ESTRAUS con Transantiago (utilizadas para el análisis de las líneas 3 y 6 del metro) tenían en el período punta de mañana una flota operativa de alrededor de 8.000 autobuses, lo que estaba muy por sobre los datos registrados actualmente (alrededor de 6.000 autobuses). Por tal motivo, a las frecuencias originales se les aplicó un factor de ajuste que permitiera una mejor representación de dicha flota.

punta de la mañana con el fin de obtener una flota operativa consistente con los valores observados al año 2010 y que asciende aproximadamente a 6000 buses²³.

Con esta información a la vista se plantea una primera estrategia de comparación que consiste en representar la situación de los autobuses amarillos utilizando la red “con Transantiago” en 2010, reemplazando los recorridos alimentadores y troncales por las líneas de autobuses amarillos, eliminando la integración entre dichos autobuses y el metro y, consecuentemente, estableciendo para los usuarios un costo por transbordos entre autobús y metro. Esta opción sería comparada a la situación “con Transantiago” (letra b).

No fue posible instrumentar este planteamiento, cuya principal ventaja era la claridad de su formulación, porque la representación de los recorridos de autobuses amarillos, de longitudes considerablemente superiores a los recorridos de Transantiago en la red de 2010, significaba exceder varias dimensiones del software disponible.

Se creó entonces una nueva opción mediante la cual se consideran las redes de 2005 (letra a), se incorporan las extensiones de las líneas 1 y 5 del metro con las frecuencias actuales de cada línea, no se consideran los corredores de transporte público implementados dentro del proyecto Transantiago, y se asume como demanda la correspondiente a 2010. Esta opción, que denominaremos “sin proyecto”, se considera como operación desintegrada entre autobuses y metro y sería comparada a la situación “con Transantiago” (letra b). En otras palabras, la situación “sin proyecto” se construye proyectando a 2010 (año de comparación) las redes y sistemas de transporte existentes antes de Transantiago, asumiendo hipótesis razonables sobre lo que hubiese ocurrido con los autobuses amarillos si la reforma al transporte público no se hubiera realizado.

Como se ha indicado, en este planteamiento no se consideran en la situación “sin proyecto” los corredores de autobuses que fueron implementados como parte de Transantiago. En tal sentido, es más realista que la opción anterior ya que, a la vista de la tendencia histórica que se venía produciendo en las inversiones de infraestructura para transporte público, lo más probable es que ninguno de los corredores mencionados (véase el cuadro 3) se hubiera construido.

A continuación se presentan algunos detalles de cómo se configuran las situaciones “sin” y “con proyecto”, de manera de hacer más clara la comparación y procurando que las diferencias entre ellas estén ligadas fundamentalmente al plan Transantiago y no a otras intervenciones que pudieran hacer confusos los resultados.

A. Situación “sin proyecto”

Contempla un total de 370 servicios de autobuses amarillos circulando por la ciudad. Los taxis colectivos considerados son los existentes antes de la puesta en marcha de Transantiago. La red de metro es la misma de la situación “con proyecto”, es decir con las extensiones de las líneas 1 y 5 operando y con las mismas tarifas y frecuencias. La racionalidad de este supuesto es que si no hubiera

²³ Este ajuste puede llevar a diferencias en la contabilización de recorridos. Si se observa el Cuadro 1 “Evolución de Transantiago entre febrero de 2007 y febrero de 2009”, la Coordinación de Transantiago presenta una cifra de 326 recorridos en el 2009, muy distinta a los 240 modelados para 2010. En efecto, puede haber distintos criterios para decidir lo que es un recorrido, por ejemplo, cuando una ruta tiene muchos circuitos, o cuando el trazado de un servicio no es igual de ida que de regreso. El ajuste realizado en el presente estudio asegura que los recursos operacionales considerados para el funcionamiento del sistema representan efectivamente a la oferta real global operando en las calles. Esta distinción es muy importante para la calidad de los resultados porque de ella dependen las variaciones de recursos de transporte (y su impacto ambiental) que se contabilizan a partir de las modelaciones sin y con proyecto y finalmente la confiabilidad de la evaluación económica.

existido Transantiago, tales extensiones igual se hubieran construido, ya que las inversiones realizadas en el metro han seguido históricamente un proceso independiente y permanente de expansión.

Con respecto a las tarifas, la situación “sin proyecto” no contempla integración pero sí supone un nivel de precios similar al de Transantiago (troncales), tomando como un hecho que si no se hubiese ejecutado el plan, las tarifas igual hubieran subido en dichos términos. Finalmente, para esta situación “sin proyecto” se adopta la misma demanda espacial y temporal que en las corridas con Transantiago²⁴. Al situar la comparación en un escenario común de demanda, lo que se está midiendo es la diferencia de respuesta y rendimiento entre los dos sistemas en cuestión, el de los autobuses amarillos y el de Transantiago, que es la materia que interesa en este estudio.

A continuación se señalan los proyectos más relevantes que forman parte de la situación “sin proyecto”, que por la magnitud de su inversión y la proximidad con la fecha de puesta en marcha del nuevo sistema conviene explicitar que forman parte de la situación previa a Transantiago²⁵. El sentido de presentar estos proyectos es aclarar las condiciones de comparación, de manera de asegurar que en el análisis se detecten los cambios relacionados con la reforma al transporte público únicamente. Estos proyectos son:

- Corredores segregados para autobuses y conexiones viales menores.
- Autopistas urbanas, correspondientes a proyectos viales concesionados a privados, operativos antes de 2007.
- Red de metro, incluyendo la extensión de la línea 1 hasta la nueva estación Los Dominicos y de la línea 5 hasta Maipú.

1. Corredores de buses y conexiones

Al momento de la entrada en servicio de Transantiago se disponía de un corredor de transporte público en Avenida Grecia, más tres soluciones de infraestructura vial para transporte público:

- Habilitación de vías exclusivas en los ejes Pajaritos y Santa Rosa y prolongación de Grecia hasta Tobalaba por el oriente.
- Conexión vial Suiza–Las Rejas.
- Conexión vial Blanco Encalada–Arica.

Fácilmente se puede concluir que la magnitud de estas intervenciones era francamente insuficiente para posibilitar mejoras significativas a nivel de red en los tiempos de viaje de los nuevos servicios.

2. Autopistas urbanas

Las autopistas urbanas de la capital chilena fueron construidas en los años inmediatamente anteriores a Transantiago, específicamente entre 2000 y 2006, modificando el patrón de viajes privados en la ciudad y captando la disposición a pagar por un estándar de viaje (tiempos, seguridad, comodidad) que era difícil de imaginar para las condiciones de congestión existentes. El modelo implementado logra atraer importantes recursos privados que el Estado no podía solventar e introduce significativas innovaciones en aspectos de diseño, construcción, tecnología de control, cobro y seguridad. El sistema completo consta de seis autopistas, de las cuales cuatro entraron en operación antes de Transantiago:

²⁴ El problema que se resuelve en ambos casos, situación “sin” y “con proyecto”, es la partición modal–asignación. Para tal efecto, se utiliza el mismo modelo de partición modal y asignación de viajes sobre una red multimodal.

²⁵ Por motivos ya explicados, las extensiones del metro a Los Dominicos y a Maipú figuran en las situaciones “sin” y “con proyecto”.

CUADRO 2
CARACTERÍSTICAS DE LAS CONCESIONES DE AUTOPISTAS URBANAS
CONSIDERADAS EN LA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”

Autopista	Inversión (millones de dólares)	Plazo concesión (años)	Fecha puesta en servicio
Costanera Norte	384	30	12/4/2005
Autopista Central	455	30	19/4/2005
Vespucio Norte	320	30	5/1/2006
Vespucio Sur	271	38	28/4/2006
TOTAL	1 430		

Fuente: Coordinación de Concesiones, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

En el anexo 2 se presenta la ubicación y emplazamiento de la red de autopistas concesionadas de Santiago. A diferencia de la red de infraestructura para transporte público mencionada anteriormente, constituye una inversión e intervención de proporciones mayores en el contexto de la red de la capital chilena.

3. Red del metro

La red del metro considerada incluye diversas extensiones previas a Transantiago: línea 2 hasta empalmar con Américo Vespucio por el sur y por el norte, las líneas 4 y 4A completas y, las ya mencionadas extensiones de la línea 1 y la línea 5 hasta Los Dominicos y Maipú respectivamente.

En el anexo 3 se presentan la ubicación y emplazamiento de estos proyectos en la red del metro, que representan el mayor emprendimiento de expansión de dicho sistema de transporte.

B. Situación “con proyecto”

Las simulaciones realizadas con el modelo ESTR AUS que se utilizan para representar la situación “con proyecto” provienen del estudio “Análisis, desarrollo y evaluación de proyectos urbanos, III etapa”²⁶, elaborado en 2006. En este documento se contempla un corte temporal hasta 2010 que incluye todos los proyectos que fueron descritos, además de los proyectos de infraestructura inherentes a la iniciativa Transantiago, es decir, aquellos que no hubieran sido ejecutados sin dicha reforma al transporte público. Estos consisten en:

²⁶ SECTRA (2006), simulaciones realizadas a su vez sobre la base de la orden de trabajo N°4 en el estudio “Análisis y modernización del transporte público, VII etapa”.

CUADRO 3 CORREDORES DE AUTOBUSES EN SITUACIÓN “CON PROYECTO”

Corredores	Tramo	Descripción	Año
Av. Fajaritos	Alameda - A. Vespucio	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 2 pistas Transporte Público.	2010
	A. Vespucio - Camino a Melipilla	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
	Dorsal, Wicaceta - El Salto	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
Arillo Intermedio	Las Rejas, Norte Sur - Macueto Suiza Las Rejas	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
	Departamental, Macueto Suiza Las Rejas - Norte Sur	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
	Departamental, Norte Sur - Santa Rosa	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
	Departamental, Santa Rosa - Vicuña Mackenna	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
Independencia	A. Vespucio - Echaurren	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
	A. Vespucio - Gabriela	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
Av. Vicuña Mackenna	Gabriela - Eduardo Corcoro	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
	Rodrigo de Araya - Alameda	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 2 pistas Transporte Público.	2010
	Placer al norte (par vial con San Francisco)	2 pistas Transporte Privado, 1 pista sólo Bus	2010
Santa Rosa	Placer - Gabriela	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 2 pistas Transporte Público.	2010
	Gabriela - Eyzaguirre	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público con adelantamiento en paraderos.	2010
Las Industrias	Yungay - Isabel Riquelme	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2010
Sierra Bella	Isabel Riquelme - Curicó (par vial con Carmen)	2 pistas Transporte Privado, 1 pista sólo Bus	2010
Natael Coxy San Diego	Placer - Tarapacá	2 pistas Transporte Privado, 1 pista sólo Bus	2010
J.J. Pérez	La Estrella - Brasil	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2010
Rinconada - Esquina Blanca	3 Poniente - Camino a Melipilla	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2010
Camino a Melipilla	Esquina Blanca y Departamental	Bidireccional, 3 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2010
San Pablo	Serrano - Antonio Ebner	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2010
	Antonio Ebner - Matucana (par con Santo Domingo)	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2010
Irrazával (Punta Mañana)	Ramón Cruz - Portugal	Senido O-P, 2 pistas Transporte Privado, 2 pista Transporte Público.	2010
Av. Grecia	Lo Encalada - Diagonal Las Torres		2010
Gran Avenida	Balmaceda - Los Moros	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2010
	Los Moros - Bío Bío	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista sólo Bus	2010
Alameda	Pajaritos - Providencia	Bidireccional, 3 pistas Transporte Privado, 2 pista Transporte Público.	2015
Av. Providencia	Baquedano - Tobalaba	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 2 pista Transporte Público.	2015
Av. Apoquindo	Tobalaba - Camino El Alba	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 2 pista Transporte Público.	2015
Av. Las Condes	Apoquindo - Estoril	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Av. Las Condes	Estoril - Cantagallo	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista sólo Bus	2015
Av. La Florida	Departamental - El Peñón	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 2 pista Transporte Público.	2015
Gran Avenida	Bío Bío - Los Moros	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Manuel Antonio Matta	J. Guzmán - O'Higgins	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
San Pablo	Serrano - A. Vespucio	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Matucana	Andes - Romero	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Arica - Blanco Encalada - Tipper	Gral. Velásquez - Av. Matta	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Nueva San Martín	El Olimpo - Pajaritos	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Av. Tobalaba	A. Vespucio - Departamental	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Av. Irrazával	A. Vespucio - Vicuña Mackenna	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Av. Departamental	Vicuña Mackenna - Tobalaba	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Los Leones	Providencia - Irrazával	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015
Recoleta	A. Vespucio - J.M. Caro	Bidireccional, 2 pistas Transporte Privado, 1 pista Transporte Público.	2015

Fuente: Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), Gobierno de Chile, documento de descripción de redes 2010–2015.

La modelación de Transantiago contempla además un conjunto de vías preexistentes cuya operación se modifica y quedan para uso exclusivo del transporte público:

CUADRO 4 VÍAS EXCLUSIVAS PARA AUTOBUSES, SITUACIÓN “CON PROYECTO”

Vías exclusivas	Tramo	Año
Bandera	Tarapacá - Balmaceda	2010
San Antonio	Ismael Valdés Vergara - Alameda	2010
Mac Iver	Ismael Valdés Vergara - Alameda	2010
San Diego	Tarapacá - Alameda	2010

Fuente: SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte, Gobierno de Chile).

En el anexo 4 se muestra la ubicación de los corredores de autobuses y vías exclusivas en la red de transporte de Santiago de Chile. En el cuadro siguiente se presentan los proyectos viales considerados en la situación “con proyecto”, y su emplazamiento en la red se muestra en el anexo 5.

CUADRO 5
PROYECTOS VIALES, SITUACIÓN “CON PROYECTO”

Proyectos viales	Descripción	Año
Túnel El Salto - Kennedy		2010
Puente Tajamar - Av. El Cerro		2010
Radial Nororiental		2010
Acceso Sur		2010
Desnivel Pajaritos - Camino a Melipilla		2010
Desnivel Santa Rosa - Departamental		2010
Ensanche Sierra Bella	Lira - Sierra Bella y Carmen, entre Curicó e Isabel Riquelme, 2 pistas automóviles, 1 pista sólo autobuses	2010
Ensanche Santa Rosa	Santa Rosa y San Francisco, entre Alameda y Placer, 2 pistas automóviles, 1 pista sólo autobuses	2010
Costanera Sur modelada según tercera versión de redes enviadas por Sectra	Cost. Sur Ote. entre Tajamar y E. de Balaguer, 2 pistas por sentido, Cost. Sur Pte. entre Ventisquero y Matucana 2 pistas por sentido	2010
Bicentenario modelado según tercera versión de redes enviadas por Sectra	Portal Bicentenario conexión Lo Ovalle - Lo Errázuriz	2010
San Ignacio - San Luis - Tercera Transversal. Corrección capacidad vías reversibles	2 pistas, en punta mañana unidireccional S - N, en fuera punta bidireccional	2010
Costanera Norte y Av. El Cerro están de acuerdo a la tercera versión de red vial enviadas por Sectra	Av. El Cerro 3 pistas por sentido entre Los Conquistadores y Sta. María	2010

Fuente: SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte, Gobierno de Chile), documento descripción de redes 2010-2015.

C. Resumen de las condiciones de comparación

Finalmente, en el siguiente cuadro se presenta una descripción de los supuestos adoptados para cada modo y respecto de tarifas, inversión y demanda, con la correspondiente justificación:

CUADRO 6
RESUMEN DE CONDICIONES DE COMPARACIÓN

Ítem	Modelación sin Transantiago	Modelación con Transantiago	Motivación o justificación
Autobuses	Conjunto de líneas de autobuses amarillos anteriores a Transantiago	Conjunto de líneas troncales y alimentadoras actualmente operativas en la ciudad	El objetivo es precisamente ver el comportamiento del sistema con los distintos itinerarios de cada uno
Taxis colectivos	Los existentes antes de la puesta en marcha del plan	Actuales en la ciudad	Se asume que los taxis colectivos no experimentan mayor modificación producto de la implementación de Transantiago
Metro	Se consideran las extensiones de las líneas 1 y 5	Se consideran las extensiones de las líneas 1 y 5	Se asume que las inversiones en el metro tienen una dinámica propia e independiente de Transantiago

(continúa)

Cuadro 6 (conclusión)

Ítem	Modelación sin Transantiago	Modelación con Transantiago	Motivación o justificación
Nivel tarifario	Nivel de precios similares a los actuales	Operación actual del sistema	Se igualaron los niveles de precios para que los cambios entre ambas modelaciones no tengan relación con esto
Integración tarifaria	No	Sí	Es una de las principales diferenciaciones entre Transantiago y el sistema antiguo de autobuses amarillos
Corredores de transporte público	Se consideran solo los existentes antes de la puesta en marcha del plan	Se consideran los corredores creados en los últimos años	Se asume que el conjunto de nuevos corredores está directamente ligado a la implementación de Transantiago y que, en su ausencia, no se hubieran creado
Demanda	Viajes según último vector de generación y atracción en 2010	Viajes según último vector de generación y atracción en 2010	Se asume que las demandas son iguales de manera que la comparación muestre solamente las diferencias provenientes del cambio de sistema de transporte

Fuente: Elaboración propia.

VI. Resultados del análisis de Transantiago: efectos en el transporte de la ciudad

Realizadas las modelaciones a que se refiere el capítulo anterior, se obtienen los siguientes resultados principales:

A. Indicadores globales obtenidos de las modelaciones

El primer indicador global es la velocidad promedio de operación sobre la red. En el cuadro 7 se presentan las cifras:

CUADRO 7
VELOCIDAD PROMEDIO DE LA RED, POR PERÍODO, SIN Y CON TRANSANTIAGO

Velocidad	Sin Transantiago	Con Transantiago
Mañana	18,9	20,9
Fuera de horas punta	21,5	23,0

Fuente: Salidas de ESTR AUS.

Se observan mejoras de un 10,6% en el período punta de la mañana y un 7% en el período fuera de punta, cambios que pueden provenir de diversos orígenes y que serán analizados más adelante. En cualquier caso, la disminución de la flota de autobuses, el mejor ajuste de oferta a la demanda en período fuera de punta y la implementación de corredores de autobuses parecen estar entre las explicaciones principales.

En el cuadro 8 se presentan otros resultados globales de las simulaciones realizadas con el modelo ESTR AUS con indicadores medios de viaje de los usuarios.

CUADRO 8
INDICADORES GLOBALES DE MODELACIÓN DE TRANSPORTE, PERÍODO PUNTA DE LA MAÑANA, SIN Y CON TRANSANTIAGO

Transporte privado	Tiempo (minutos)		Distancia (kms.)		Velocidad (km./hr.)	
	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS
Auto–chofer	26,93	27,21	11,51	11,32	27,40	26,37
Auto–acompañante	23,34	23,30	11,52	11,05	30,25	28,85
Taxi	12,98	12,75	5,09	4,99	26,76	25,92
Transporte público	Tiempo caminata (minutos)		Tiempo espera (minutos)		Tiempo de viaje (minutos)	
	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS
Taxi colectivo	6,01	6,00	6,42	5,17	18,56	17,13
Transporte público	7,98	6,70	4,96	3,92 ^a	31,11	28,84

Fuente: Salidas de ESTRAUS.

^a En un sistema integrado que opera con frecuencias regulares es altamente probable que el tiempo de espera en la parada disminuya, especialmente en las horas punta de la mañana, dado que el usuario tiene un conjunto más amplio de “líneas atractivas” para realizar el viaje (transbordo sin pago adicional).

En el período punta de la mañana se observa que, en general aumentan ligeramente los tiempos de viaje en transporte privado, a pesar de que las distancias de viaje disminuyen (levemente). Consistente con este cambio es la ligera disminución de la velocidad promedio de viaje. En el caso del taxi colectivo y el transporte público, considerando sus tres componentes (caminata, espera y viaje) se observa que todas disminuyen sistemáticamente, siendo más significativas las reducciones de tiempo de caminata (acceso a la parada) y tiempo de viaje (en movimiento).

CUADRO 9
INDICADORES GLOBALES DE MODELACIÓN DE TRANSPORTE FUERA DE HORAS PUNTA, CON Y SIN TRANSANTIAGO

Transporte privado	Tiempo (minutos)		Distancia (kms.)		Velocidad (km./hr.)	
	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS
Auto–chofer	22,80	23,36	11,84	11,80	33,20	32,54
Auto–acompañante	13,46	13,54	8,05	7,89	34,65	33,89
Taxi	8,66	8,79	4,83	4,78	32,42	31,70
Transporte público	Tiempo caminata (minutos)		Tiempo espera (minutos)		Tiempo de viaje (minutos)	
	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS
Taxi colectivo	5,83	5,80	5,37	4,89	9,95	10,12
Transporte público	8,60	8,40	5,11	5,44	23,89	23,30

Fuente: Salidas de ESTRAUS.

En el período fuera de punta se observa que los viajes en transporte privado cambian en el mismo sentido que en la punta de la mañana pero en valores más moderados. En el caso de los viajes en taxi colectivo se ve un crecimiento en el tiempo de espera y en el tiempo de viaje, en tanto los viajes en transporte público disminuyen ligeramente su tiempo de viaje promedio.

B. Partición modal de los viajes

En el modelo estratégico de transporte se considera que las personas escogen el modo en que viajan en función del costo total percibido, que contiene factores tales como tiempo de viaje, tiempo de espera y tarifa, entre otros. Con este criterio se determina la manera en que se reparten dichos viajes entre las alternativas de transporte disponibles. En el siguiente cuadro se resumen los resultados obtenidos de dicha partición modal:

CUADRO 10
PARTICIÓN MODAL DE LOS VIAJES (EN %),
POR PERÍODO SIN Y CON TRANSANTIAGO

Modo de transporte	Período punta de la mañana		Período fuera de punta	
	Sin TS	Con TS	Sin TS	Con TS
Caminata	11,18	10,30	17,32	16,94
Auto–chofer	22,21	22,13	34,88	34,54
Auto–acompañante	19,67	19,36	8,61	8,46
Taxi	0,64	0,63	1,85	1,79
Taxi colectivo	2,12	2,02	5,44	5,85
Transporte público	44,20	45,57	31,92	32,43

Fuente: Salidas de ESTRAUS.

Las cifras indican que con Transantiago los viajes a pie disminuyen levemente (menos de un punto), mientras que los viajes en transporte público aumentan entre 0,5 y 1,4 puntos porcentuales. No se observan cambios muy importantes en los modos auto–chofer y auto–acompañante, lo mismo que en el caso taxi y taxi colectivo.

Al tenor del desajuste entre oferta y demanda percibidos al inicio del sistema Transantiago, podría parecer que estas cifras no reflejan la magnitud del problema desatado en ese momento, pero se debe tener presente que en este estudio la comparación se está haciendo en 2010, tres años después de su puesta en marcha, período en que han ocurrido cambios muy significativos en la oferta de transporte (véase el cuadro 1), lo que se ha traducido en un sostenido incremento en el número de recorridos y de autobuses, con aproximadamente 6 000 vehículos en la actualidad.

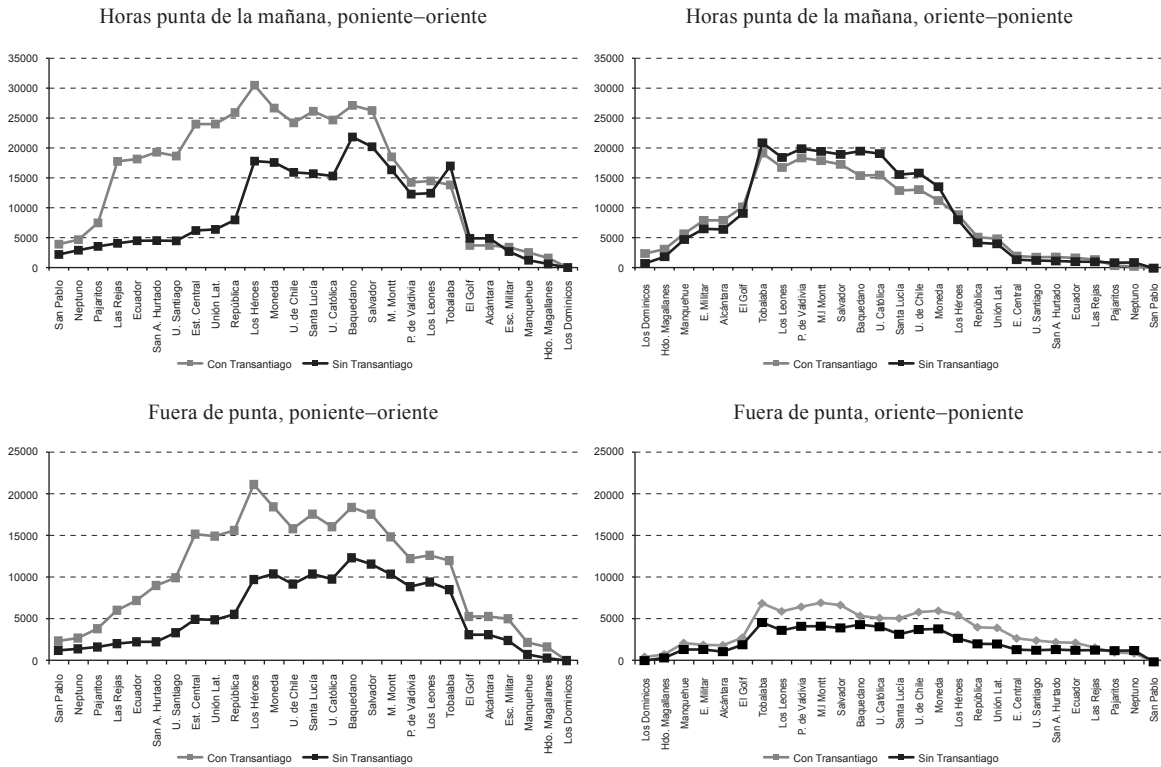
También cabe recordar que las cifras del transporte público se refieren a su nueva condición, es decir al nuevo modo formado por autobuses y metro integrados. Es esa suma la que presenta cambios leves, lo que no significa que por separado hayan permanecido sin variaciones. En efecto, al observarlos individualmente quedan al descubierto cambios muy significativos en la porción de demanda que enfrenta cada uno. Y este ajuste proviene en gran medida de las transferencias de viajes que se producen desde los autobuses, probablemente originadas en la integración tarifaria²⁷.

²⁷ No puede provenir de ampliaciones de capacidad física porque los proyectos del metro considerados en la situación “sin” y “con proyecto” son los mismos.

C. Red de metro

Así es como de los resultados de la modelación se desprende que una vez implementado Transantiago, el metro de la capital chilena experimenta un significativo incremento en su carga de pasajeros, lo que se ve nítidamente reflejado en los gráficos que se presentan a continuación y que muestran la cantidad de pasajeros transportados en sus distintas líneas, por período y sentido de circulación, con y sin proyecto Transantiago.

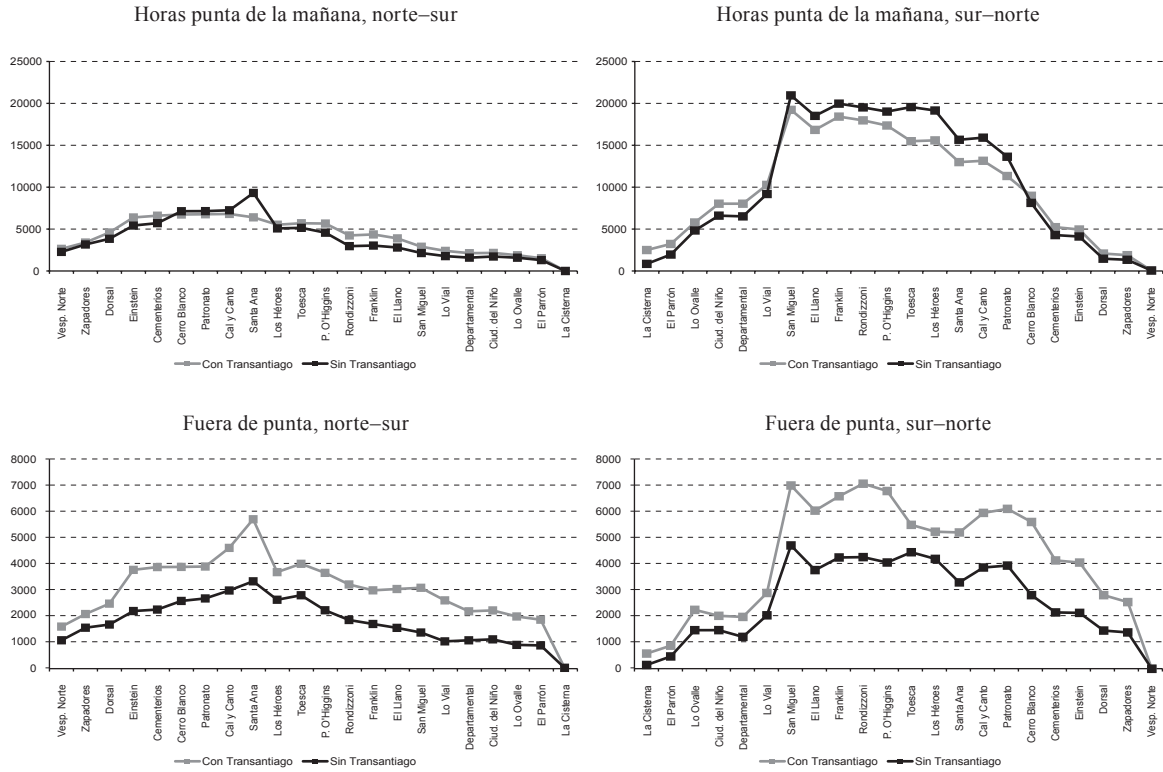
GRÁFICO 9
CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 1, POR PERÍODO Y SENTIDO



Fuente: salidas de ESTRAUS.

Los gráficos muestran cambios muy importantes en la carga del metro, especialmente en sentido poniente-orienté, tanto en período punta como fuera de punta, lo que estaría indicando que un importante contingente de usuarios de ingresos medios-bajos que anteriormente utilizaba autobuses en sus desplazamientos, actualmente aprovecha las ventajas de la integración tarifaria para acceder a los mejores tiempos que provee el tren subterráneo metropolitano.

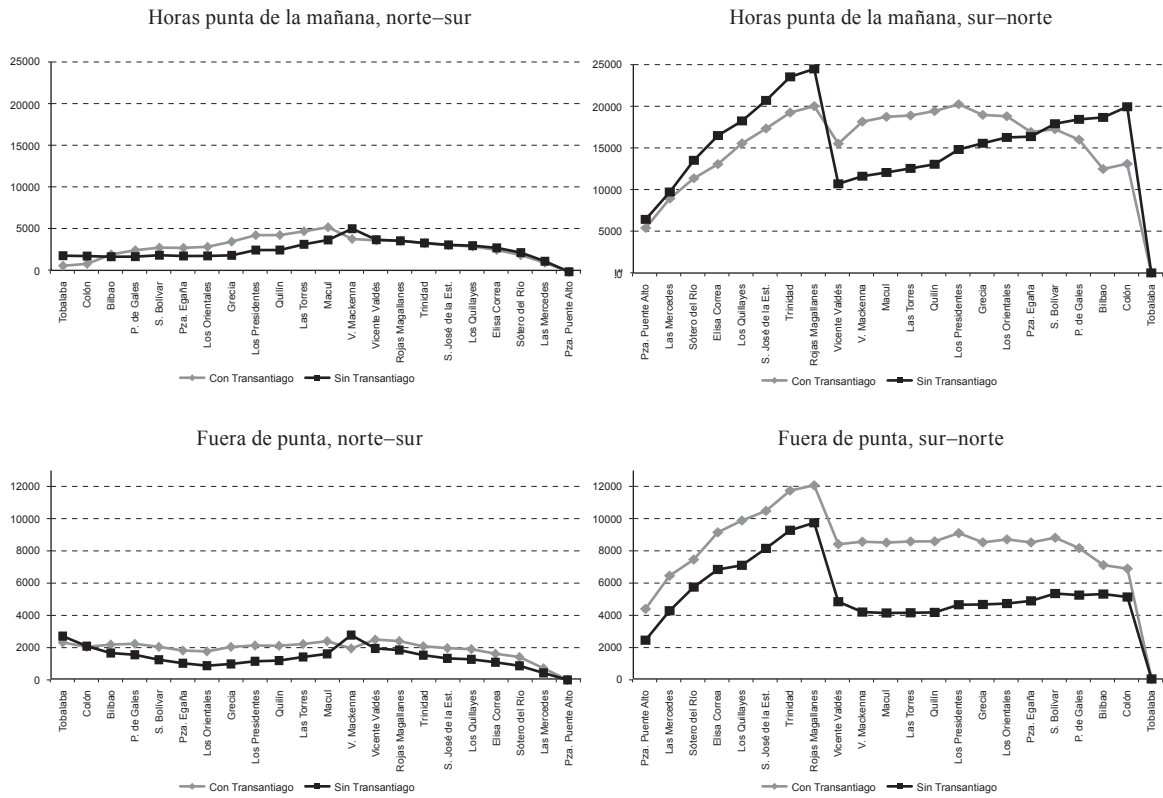
GRÁFICO 10 CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 2, POR PERÍODO Y SENTIDO



Fuente: salidas de ESTRAUS.

En la línea 2 del metro el incremento se localiza solo en el período fuera de punta, y es de menor relevancia que en el caso anterior.

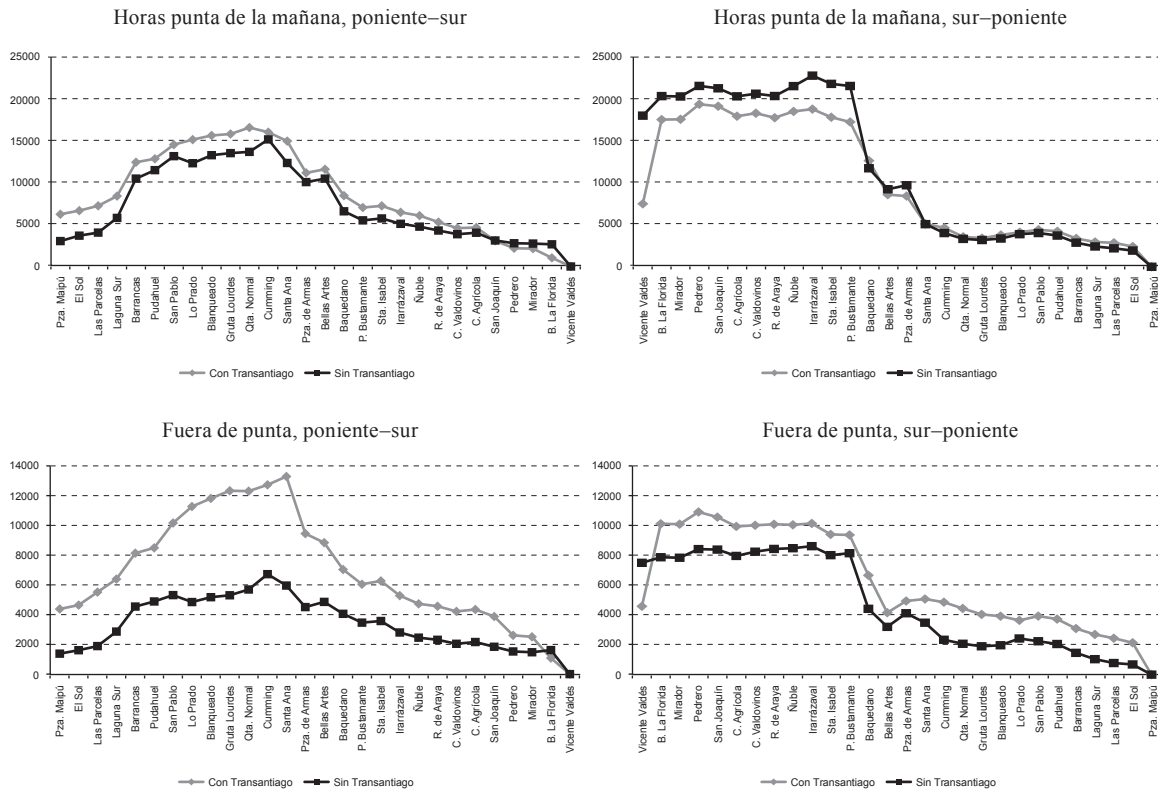
GRÁFICO 11 CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 4, POR PERÍODO Y SENTIDO



Fuente: salidas de ESTRAUS.

En la línea 4 se observan cambios importantes en el sentido sur-norte, tanto en horas punta de la mañana como fuera de horas punta, con un incremento importante en el número de usuarios entre las estaciones localizadas al norte de Vicente Valdés, es decir, en el trazado que pasa por las comunas de Macul, Ñuñoa y Providencia.

GRÁFICO 12
CARGA DE PASAJEROS EN LÍNEA 5, POR PERÍODO Y SENTIDO



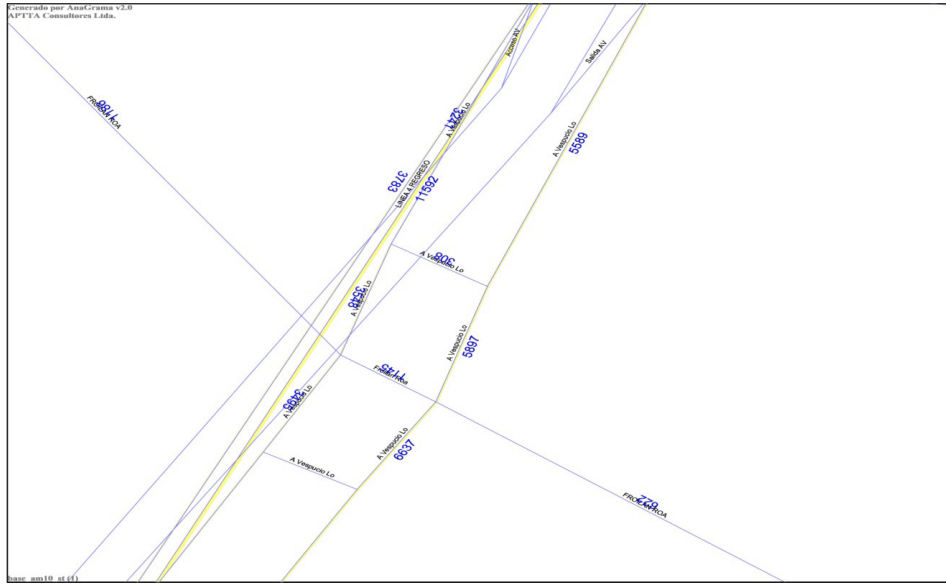
Fuente: salidas de ESTRAUS.

En la línea 5 se observan cambios importantes en el sentido poniente–sur, especialmente en el período fuera de horas punta, con un incremento importante en el número de usuarios entre las estaciones Pudahuel y Baquedano. Muy significativo es el cambio fuera de horas punta en el sector de Maipú, y en general en el sector poniente de la ciudad.

Este cambio en la carga y rol del metro post–Transantiago fue perceptible desde la puesta en marcha del sistema y constituye uno de los mayores impactos de la reforma. Resulta sorprendente que la nueva demanda no guarde relación alguna con ampliaciones de capacidad provenientes de nuevas infraestructuras (la modelación considera las extensiones de las líneas 1 y 5 en las situaciones “sin” y “con proyecto”). Por lo tanto habría que buscar las explicaciones en la nueva composición de etapas con que los usuarios construyen sus rutas de viaje al amparo de una tarifa integrada, y en las cuales el metro aparece como una opción atractiva por su menor tiempo generalizado de viaje en comparación con los autobuses (desplazamiento, espera y regularidad de los mismos). Para la empresa del metro este incremento ha significado la duplicación de la cantidad diaria de pasajeros (con altos costos en comodidad y en otros aspectos) y la necesidad de focalizar su gestión en un uso más eficiente de la capacidad.

Esta transferencia de usuarios de buses al metro se puede apreciar con claridad en el ejemplo que se presenta a continuación. Se trata de un punto de transbordo ubicado en La Florida, específicamente en el cruce de Vicuña Mackenna con Américo Vespucio (estación Vicuña Mackenna de la línea 5 del metro). Tal como figura en los gráficos 13 y 14, la línea 4 experimenta en dicha estación un incremento de carga desde los 11.000 a los 18.000 pasajeros, entre situaciones “sin” y “con proyecto” en el período punta de la mañana, sentido sur–norte.

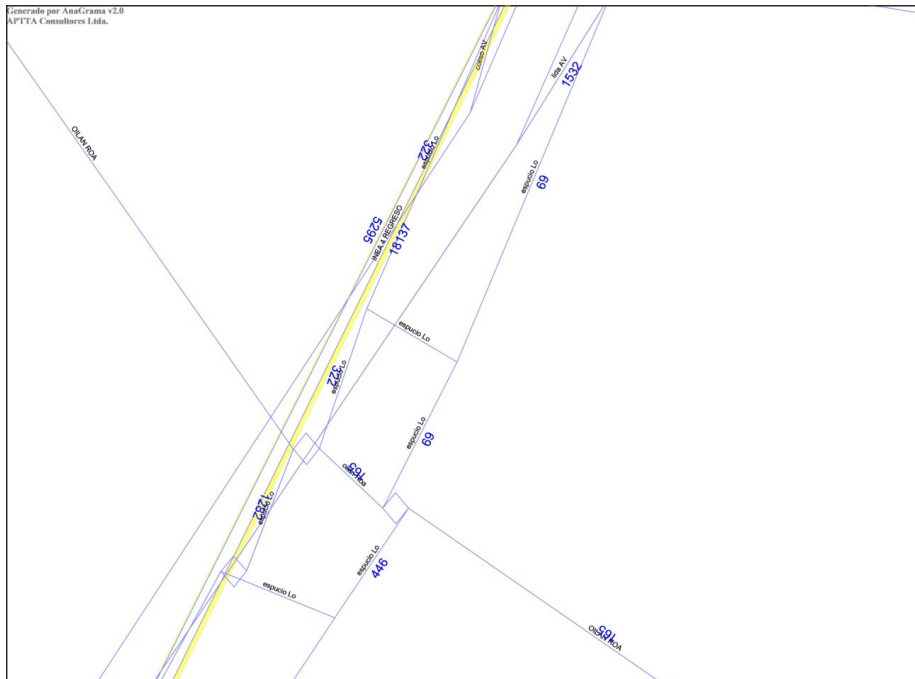
GRÁFICO 13
CIRCULACIÓN DE PASAJEROS EN AUTOBUSES Y LÍNEA 4 DEL METRO EN VICUÑA
MACKENNA CON VESPUICIO, HORAS PUNTA DE LA MAÑANA, SIN TRANSANTIAGO



Fuente: salidas de ESTRASUS.

En el período punta de la mañana, en sentido sur-norte, el flujo de pasajeros que viaja en la línea 4 del metro es de 11 592, mientras que los que lo hacen en autobús alcanzan a 5 897.

GRÁFICO 14
FLUJO DE PASAJEROS EN AUTOBUSES Y LA LÍNEA 4 DEL METRO EN VICUÑA
MACKENNA CON VESPUICIO, HORAS PUNTA DE LA MAÑANA, CON TRANSANTIAGO



Fuente: salidas de ESTRASUS.

En el mismo sentido y período pero con Transantiago, la carga en la línea 4 del metro asciende a 18 137 personas, en tanto en los autobuses la carga disminuye a 69 pasajeros.

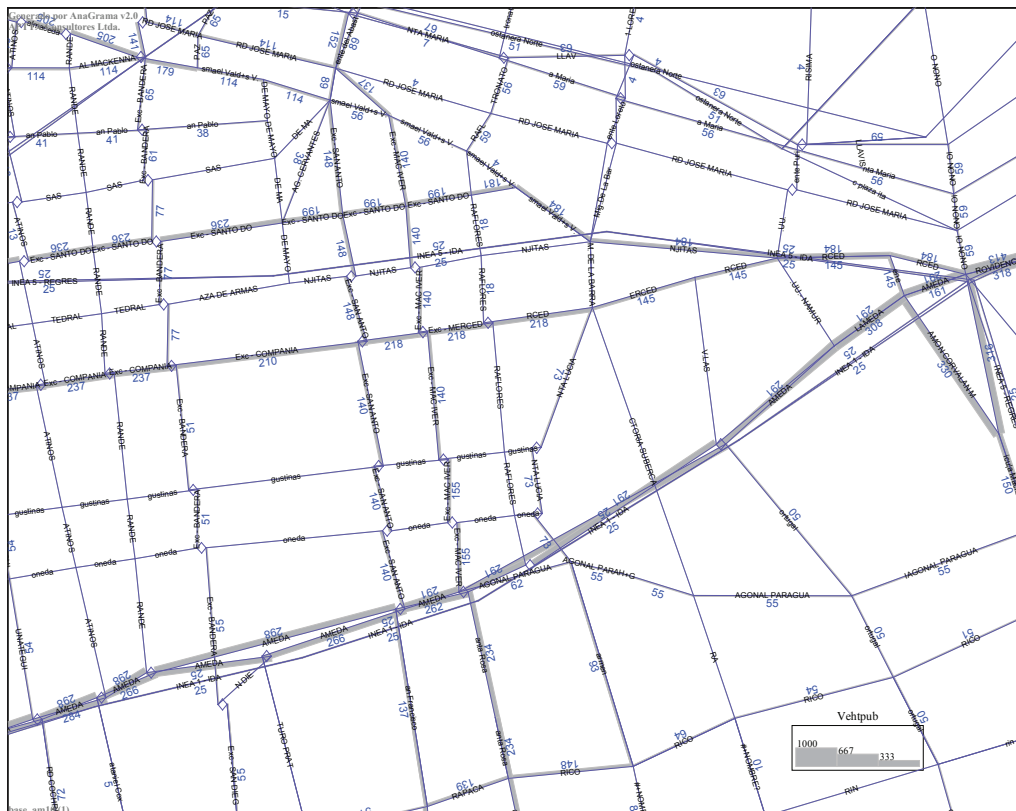
En síntesis, en el metro se incrementa la carga en 6 545 personas, mientras que en los autobuses disminuye en 5 828, cifras muy parecidas que hacen que el total del transporte público se mantenga sin cambios relevantes (cabe recordar que la partición modal del transporte público prácticamente no cambia), y que hay transferencias muy significativas desde los autobuses al metro.

D. Carga de autobuses sobre la red vial

Si bien la carga de autobuses sobre la red está condicionada por los trazados de los servicios que se fijan externamente, la intensidad del uso de los ejes originada en la frecuencia de los servicios experimenta variaciones importantes en la situación “con proyecto” entre el período punta de la mañana y fuera de punta, constituyendo una de las transformaciones más significativas de la reforma. Esto produce un enorme contraste con la operación de los autobuses amarillos, que en general tenían un comportamiento plano en cuanto a frecuencia a lo largo del día, lo que se recuerda como parte de la crítica al sistema antiguo.

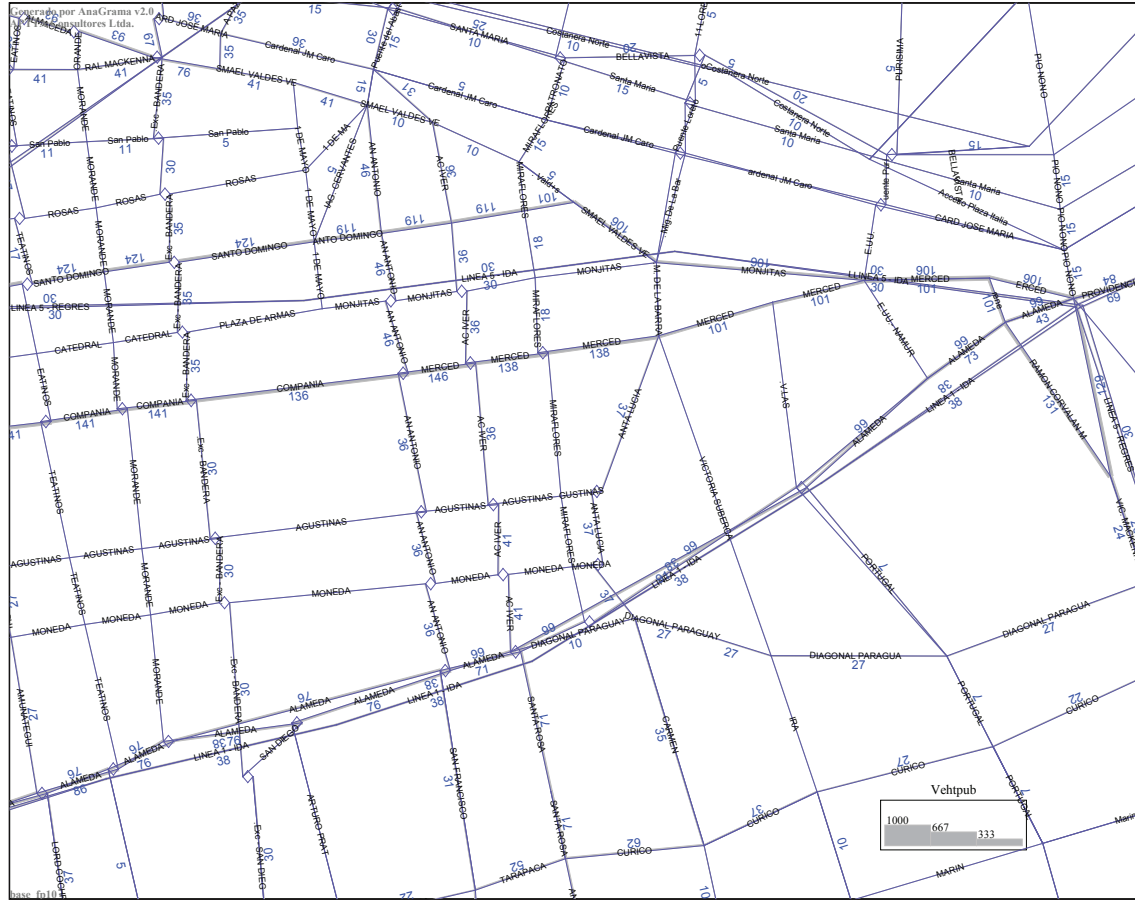
En los gráficos que se presentan a continuación se muestran destacadas en gris las cargas de autobuses en los ejes principales del sector céntrico de la capital chilena, para el período punta de la mañana (gráfico 15) y fuera de punta (gráfico 16).

GRÁFICO 15
CARGA DE VEHÍCULOS EN PERÍODO PUNTA DE LA MAÑANA CON TRANSANTIAGO



Fuente: salidas de ESTRAUS.

GRÁFICO 16
CARGA DE AUTOBUSES EN PERÍODO FUERA DE PUNTA, CON TRANSANTIAGO



Fuente: salidas de ESTRASUS.

Se observan cambios relevantes entre los períodos punta de la mañana y fuera de punta que reflejan un comportamiento más racional de los operadores de los servicios, que contribuye a aminorar las externalidades negativas y que constituye una importante fuente de ahorro de recursos. En efecto, esta variación de oferta entre horas punta y fuera de horas punta, como se observará, es una de las fuentes más importantes de beneficios de Transantiago.

Por el contrario, el caso sin Transantiago presenta cargas similares de autobuses en los períodos punta de la mañana y fuera de horas punta, lo que refleja una de las debilidades estructurales del sistema de autobuses amarillos, en el sentido de no poder adecuar la oferta en función de las condiciones relevantes de demanda. De ahí, por ejemplo, la larga fila de autobuses en las principales arterias de la ciudad, como en el caso de la Alameda, en largos períodos en que la demanda claramente no lo requería.

VII. Resultados de la modelación de emisiones

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de la modelación de emisiones:

CUADRO 11
RESUMEN DE EMISIONES POR TIPO DE VEHÍCULO (TON./AÑO),
SITUACIÓN SIN TRANSANTIAGO, 2010

TIPO	MP10	MP2,5	NOx	HC	CO	CO2	KR (veh.-km.)/año
Alquiler	35,0	19,0	483,9	202,3	3 098,5	578 257,0	2 513 627 318
Autobuses urbanos	158,9	132,0	4 383,8	774,6	1 250,9	919 668,1	625 544 912
Autobuses particulares	23,8	20,2	506,3	60,0	126,7	76 642,5	75 439 500
Comerciales	264,4	204,2	5 415,8	2 198,6	31 724,3	2 202 957,8	7 471 657 442
Motocicletas	3,2	1,7	44,0	2 243,4	6 884,1	41 707,4	487 090 453
Particulares	247,5	140,6	6 422,6	4 639,5	47 542,1	3 887 579,9	16 669 590 088
Taxis colectivos	16,8	9,5	319,8	135,1	1 887,6	312 444,6	1 131 538 485
Total	749,5	527,3	17 576,3	10 253,5	92 514,1	8 019 257,4	28 974 488 198

Fuente: Salidas de MODEM.

En el cuadro se presenta, para los contaminantes de mayor relación con el transporte público y para cada categoría de vehículo indicada, las toneladas de emisiones producidas en 2010 en la situación sin Transantiago. En la columna del extremo derecho se indican los vehículos-kilómetros recorridos en el mismo año. Al incorporarse la reforma del transporte público, disminuye la flota de autobuses en operación, mejoran las velocidades de circulación, descienden las frecuencias de circulación de autobuses fuera de horas punta y mejora la tecnología utilizada en los autobuses. Todo esto se traduce en menores niveles de emisiones, tal como se presenta en el siguiente cuadro de variación porcentual:

CUADRO 12
VARIACIÓN PORCENTUAL DE EMISIONES POR TIPO DE VEHÍCULO, ENTRE
SITUACIÓN CON TRANSANTIAGO Y SIN TRANSANTIAGO, AÑO 2010

TIPO	MP10	MP2,5	NOx	HC	CO	CO2	KR (veh.-km.)/año
Alquiler	-9,9%	-9,9%	-9,7%	-21,1%	-12,3%	-8,2%	-9,9%
Autobuses urbanos	-18,3%	-16,9%	-14,7%	-50,2%	-19,4%	-29,7%	-19,1%
Autobuses particulares	-8,1%	-8,0%	-7,8%	-8,6%	-7,9%	-7,9%	-9,0%
Comerciales	-10,2%	-10,5%	-12,5%	-32,6%	-23,0%	-8,5%	-9,0%
Motocicletas	-9,3%	-9,3%	-12,3%	-9,2%	-13,2%	-9,9%	-9,3%
Particulares	-8,7%	-8,7%	-20,0%	-52,4%	-32,0%	-6,9%	-8,7%
Taxis colectivos	0,0%	-0,1%	-1,1%	-10,2%	-6,8%	-2,5%	0,2%

Fuente: Salidas de MODEM.

Al comparar ambas situaciones se aprecia, en primer lugar, una disminución muy relevante en los kilómetros anuales recorridos por los autobuses urbanos (el 19,1%). En esta diferencia radica la principal fuente de beneficios asociados a la reforma del sistema de transporte público, lo que se aprecia en el período punta de la mañana, pero especialmente en el fuera de punta. Tal como se señala en el punto VI.D, el mejor ajuste de la oferta de autobuses a los requerimientos de la demanda en dicho período constituye un extraordinario logro del sistema y su nueva organización empresarial, que finalmente se traduce en el ahorro de recursos (combustible y material rodante, entre otros) y menores emisiones. En efecto, para los contaminantes incluidos en el cuadro 12, los autobuses presentan reducciones que van de un 15 a un 50% de las emisiones.

VIII. Valoración económica de la caída en emisiones

Conforme a la metodología que se aplica mediante MODEC, se determinaron los beneficios por ahorro en gastos de salud. En el cuadro 13, se presentan para cada contaminante relevante (con daños demostrados sobre la salud de las personas) los efectos específicos que produce y los costos monetarios asociados a las prestaciones de salud para las situaciones “sin” y “con proyecto”. Estos contaminantes son ozono (O₃), material particulado de 10 micrones de diámetro (MP₁₀) y material particulado de 2,5 micrones de diámetro (MP_{2,5}). El valor de la vida se ha establecido en 99 114 dólares, conforme a información aportada por SÉCTRA–MIDEPLAN. En la columna más a la derecha se presentan los beneficios por muertes evitadas y los ahorros de prestaciones ocasionadas por enfermedades (en dólares por año), y se llega a un total anual de ahorro de 25,9 millones de dólares.

CUADRO 13
BENEFICIO ESTIMADO POR REDUCCIÓN DE EMISIONES CON TRANSANTIAGO,
EN DÓLARES ANUALES

Contaminante	Efecto	Sin proyecto	Con proyecto	Beneficio
O ₃	Ad. Hosp. RSP; de 65 a 100	44 932 506	44 906 439	26 067
O ₃	Mortalidad prem. todas aguda; de 0 a 18	105 655 524	105 655 524	0
O ₃	Mortalidad prem. todas aguda; de 18 a 65	506 274 312	506 274 312	0
O ₃	Mortalidad prem. todas aguda; de 65 a 100	1 485 520 632	1 485 223 290	297 342
MP ₁₀ total	Adm. hosp. RSP; de 65 a 100	16 565 716	16 498 880	66 836
MP ₁₀ total	Visita sala emerg. Resp.; de 0 a 18	5 280 728	5 260 938	19 790
MP ₁₀ total	Visita sala emerg. Resp.; de 18 a 65	16 355 528	16 292 458	63 070
MP ₁₀ total	Visita sala emerg. Resp.; de 65 a 100	2 389 176	2 379 066	10 110
MP ₁₀ total	IRA baja; de 0 a 18	22 372 706	22 289 087	83 619
MP _{2,5} total	Adm. hosp. asma; de 0 a 18	158 054	158 054	0

(continúa)

Cuadro 13 (conclusión)

Contaminante	Efecto	Sin proyecto	Con proyecto	Beneficio
MP _{2,5} total	Adm. hosp. asma; de 18 a 65	168 196	168 196	0
MP _{2,5} total	Adm. hosp. cardiovascular; de 18 a 65	6 069 874	6 031 021	38 853
MP _{2,5} total	Adm. hosp. cardiovascular; de 65 a 100	8 659 954	8 595 794	64 160
MP _{2,5} total	Adm. hosp. disrritmias; de 65 a 100	626 400	626 400	0
MP _{2,5} total	Adm. hosp. neumonía; de 65 a 100	5 735 033	5 693 042	41 991
MP _{2,5} total	Mortalidad prem. todas crónica; de 0 a 18	176 323 806	175 630 008	693 798
MP _{2,5} total	Mortalidad prem. todas crónica; de 18 a 65	840 189 378	834 738 108	5 451 270
MP _{2,5} total	Mortalidad prem. todas crónica; de 65 a 100	2 450 692 764	2 431 662 876	19 029 888
MP _{2,5} total	Enfermedad resp. crónica aguda; de 18 a 65	517 144	517 144	0
MP _{2,5} total	Enfermedad resp. crónica aguda; de 65 a 100	925 064	921 892	3 172
MP _{2,5} total	Enfermedad cardiocongestiva; de 65 a 100	1 341 805	1 336 585	5 220
MP _{2,5} total	Enfermedad cardioizquemica; de 65 a 100	270 119	270 119	0
MP _{2,5} total	Actividad restringida leve; de 18 a 65	0	0	0
			Total	25 895 184

Fuente: Corridos de MODEM.

Las cifras muestran que los efectos asociados a la muerte prematura (mortalidad) concentran los mayores costos, alcanzando un porcentaje del 98%.

Desde la perspectiva del sistema de transporte, los beneficios contabilizados pueden tener origen en cambios operacionales o tecnológicos:

- Asociados al diseño de rutas y frecuencias y a servicios más eficientes que el sistema de autobuses amarillos, lo que permite ahorrar kilómetros anuales recorridos y por lo tanto combustible y emisiones.
- Asociados al aumento de la velocidad media de la red (véase el cuadro 7) en magnitudes que se encuentran en la zona no lineal de la curva de emisiones (véase gráfico 5), donde la eliminación de esas emisiones crece más que proporcionalmente con la velocidad.
- Asociados a cambios en la normativa de emisiones, lo que se traduce en la incorporación de tecnologías de vehículos más eficientes y menos contaminantes.

Las dos primeras fuentes de beneficios son inherentes al diseño de transporte aplicado a Transantiago, con un sistema troncal–alimentador, mayor uso del metro y corredores para mejorar la velocidad del transporte público, lo que se traduce en beneficios en variables propias de transporte.

Sin embargo, la fuente señalada en la letra “c” presenta una duda razonable en el sentido de cuál hubiera sido la tendencia de la normativa ambiental y su efecto en la composición de la flota y emisiones del sistema de autobuses amarillos si no hubiera existido Transantiago. Cabe explicar que el supuesto de que las composiciones serían distintas tiene asidero en que en el régimen anterior existían menos incentivos para la renovación de buses que en la actualidad. Por eso es que en la tecnología proyectada en 2010 se considera una dinámica más acelerada de renovación para el caso de Transantiago, lo que finalmente se traduce en una composición tecnológica de mejor rendimiento en emisiones, que es la que se usa para determinar los beneficios “con proyecto”.

Aún cuando los argumentos para considerar composiciones distintas parecen suficientemente sólidos, se ha realizado un ejercicio adicional de análisis para despejar cualquier duda sobre el origen de los beneficios. Para tal efecto se realizó una nueva corrida de los modelos en la que se elimina la diferencia entre la composición tecnológica de las flotas “con” y “sin proyecto”, igualándolas a la que existe hoy para Transantiago. Los resultados son los siguientes:

CUADRO 14
BENEFICIO ESTIMADO POR REDUCCIÓN DE EMISIONES CON TRANSANTIAGO,
CASO CON IGUAL COMPOSICIÓN TECNOLÓGICA, EN DÓLARES ANUALES

Contaminante	Efecto	Sin proyecto	Con proyecto	Beneficio
O ₃	Adm hosp. RSP; de 65 a 100	44 932 506	44 908 719	23 787
O ₃	Mortalidad prem. todas aguda; de 0 a 18	105 655 524	105 655 524	0
O ₃	Mortalidad prem. todas aguda; de 18 a 65	506 274 312	506 274 312	0
O ₃	Mortalidad prem. todas aguda; de 65 a 100	1 485 520 632	1 485 223 290	297 342
MP ₁₀ total	Adm. hosp. RSP; de 65 a 100	16 565 716	16 512 491	53 225
MP ₁₀ total	Visita sala emerg. Resp.; de 0 a 18	5 280 728	5 265 002	15 726
MP ₁₀ total	Visita sala emerg. Resp.; de 18 a 65	16 355 528	16 305 144	50 384
MP ₁₀ total	Visita sala emerg. Resp.; de 65 a 100	2 389 176	2 381 148	8 028
MP ₁₀ total	IRA baja; de 0 a 18	22 372 706	22 305 440	67 266
MP _{2,5} total	Adm. hosp. asma; de 0 a 18	158 054	158 054	0
MP _{2,5} total	Adm. hosp. asma; de 18 a 65	168 196	168 196	0
MP _{2,5} total	Adm. hosp. cardiovascular; de 18 a 65	6 069 874	6 042 353	27 521
MP _{2,5} total	Adm. hosp. cardiovascular; de 65 a 100	8 659 954	8 613 436	46 518
MP _{2,5} total	Adm. hosp. disrritmias; de 65 a 100	626 400	626 400	0
MP _{2,5} total	Adm. hosp. neumonía; de 65 a 100	5 735 033	5 704 406	30 627
MP _{2,5} total	Mortalidad prem. todas crónica; de 0 a 18	176 323 806	176 026 459	297 347
MP _{2,5} total	Mortalidad prem. todas crónica; de 18 a 65	840 189 378	836 026 525	4 162 853
MP _{2,5} total	Mortalidad prem. todas crónica; de 65 a 100	2 450 692 764	2 437 113 933	13 578 831
MP _{2,5} total	Enfermedad resp. crónica aguda; de 18 a 65	517 144	517 144	0
MP _{2,5} total	Enfermedad resp. crónica aguda; de 65 a 100	925 064	924 007	1 057
MP _{2,5} total	Enfermedad cardiocongostiva; de 65 a 100	1 341 805	1 336 552	5 253
MP _{2,5} total	Enfermedad cardioizquemica; de 65 a 100	270 119	270 119	0
MP _{2,5} total	Actividad restringida leve; de 18 a 65	0	0	0
			Total	18 665 765

Fuente: resultados de MODEC

Las cifras indican una disminución de beneficios por un valor de 7,2 millones de dólares, es decir, un 27,8% de los beneficios anuales originales. En consecuencia, si la composición tecnológica de la flota de buses amarillos hubiera seguido la misma tendencia que la de Transantiago hasta igualarse en el 2010 (lo que se considera improbable), los beneficios por reducción de emisiones hubieran sido un 30% menores.

IX. Evaluación económica

En el cuadro 15 se presentan las cifras de inversión y parámetros utilizados en la evaluación social. Las inversiones contempladas son: corredores de autobuses construidos en el período 2005–2010, y que se consideran parte del proyecto Transantiago por un valor (social) de 353 854 millones de pesos chilenos, y la inversión social en flota de buses por un valor (social) de 689 918 millones de pesos chilenos. Los parámetros que se utilizan para la evaluación social corresponden a los estándares establecidos por MIDEPLAN:

CUADRO 15
PARÁMETROS DE LA EVALUACIÓN SOCIAL ESTÁNDAR

Valor social del tiempo	981
Dólar	649,32 pesos chilenos
Unidad de fomento (UF, 2008)	21 452,57 pesos chilenos
Costo autobús articulado	325 000 dólares
Costo autobús simple	185 000 dólares
Horizonte de evaluación	20 años
Inversión social en corredores (2008)	353 854 millones de pesos chilenos
Inversión social en flota	689 918 millones de pesos chilenos
Flota sin Transantiago período punta mañana	8 718 autobuses
Flota con Transantiago período punta mañana	5 936 autobuses
Flota sin Transantiago período fuera de punta	6 158 autobuses
Flota con Transantiago período fuera de punta	2 979 autobuses

Fuente: SECTRA-MIDEPLAN

Utilizando los parámetros señalados se calcula el ahorro por concepto de costos de operación y de tiempo. En el cuadro 16 se presenta este ahorro:

CUADRO 16
AHORRO EN TRANSPORTE: COSTOS DE OPERACIÓN Y TIEMPO

Concepto	Millones de pesos	Porcentaje
Ahorro costo operación de autobuses	133 304	38,86
Ahorro costo operación autos	15 441	4,50
Ahorro tiempo	194 304	56,64
Total beneficio anual solo en transporte	343 049	100

Fuente: Corridos de ESTRAUS.

El ahorro de costos de operación, integrado principalmente por el ahorro de combustible, representa una importante cifra para el transporte público, aun cuando no sea exclusiva, ya que los automóviles también reducen sus costos de operación. El ahorro de tiempo para todo el sistema asciende a 194 303 millones de pesos, con un 56,64% del total. Estos resultados son coherentes con las mejoras en velocidad de circulación señaladas anteriormente, (véase cuadro 7) las que, por ocurrir en la zona no lineal de la curva de consumo velocidad y producir un impacto en reducción de emisiones más relevante que en otras condiciones operacionales.

En el cuadro 17 se presentan los resultados de la evaluación social considerando solamente las variables de transporte:

CUADRO 17
RESULTADOS EVALUACIÓN SOCIAL SOLO TRANSPORTE

Inversión social (millones de pesos chilenos)	Tasa interna de retorno (TIR)	Valor actualizado neto (VAN) (millones de pesos chilenos)
1 043 772	29,45%	2 335 996,71

Fuente: Análisis basado en corridas de ESTRAUS

Se concluye entonces que considerando solo impactos de transporte Transantiago es un proyecto socialmente rentable.

Si se incorporan los impactos ambientales en términos de reducción de emisiones, se presentan dos situaciones: “distinta composición tecnológica” (cuadro 13) e “igual composición tecnológica” (cuadro 14). Las rentabilidades son:

TIR con beneficio ambiental (composición tecnológica distinta): 31,23

TIR con beneficio ambiental (igual composición tecnológica): 30,73

En consecuencia, al incorporar el beneficio ambiental (25,9 millones de dólares, cuadro 13) el TIR sube menos de dos puntos y, si se considera que la tecnología de los vehículos es igual antes y después de Transantiago (18,7 millones de dólares, cuadro 14), el TIR baja menos de un punto. Se observa que en cualquier caso el principal aporte a la rentabilidad del proyecto Transantiago proviene de la variable de transporte.

X. Otros impactos

Ya analizados los impactos directos en el transporte y en las emisiones mediante las herramientas de modelación descritas, en este capítulo se mencionan otros efectos. Si bien para estas repercusiones no se cuenta con respaldos cuantitativos comparables, porque no se han realizado los seguimientos específicos o por la dificultad técnica de hacerlo, puede su ocurrencia tener un gran significado para la sostenibilidad y desarrollo del sistema en el largo plazo.

A. Reforma de la industria del transporte público

Este impacto tiene que ver fundamentalmente con el cambio en la base de organización de las unidades que prestan servicios de transporte público. En el caso de los autobuses amarillos, la base productiva era una entidad gremial operacional denominada “línea”, que agrupaba a un conjunto de dueños de vehículos (con una tasa media de 1,4 autobuses por dueño), entidad cuyos múltiples objetivos pocas veces coincidían con los del servicio de transporte. Este nivel de atomización de las entidades productoras unido a la falta de incentivos para un desempeño más eficiente, en sentido privado y social, significaba desajustes importantes entre la oferta y la demanda, especialmente en período fuera de punta, con el consiguiente derroche de recursos. Como se ha observado en los resultados de las modelaciones y se refleja en la experiencia cotidiana actual, la oferta de transporte sigue un comportamiento mucho más flexible que en el pasado lo que permite reducir la circulación de autobuses en las calles cuando la demanda decrece, esbozando un comportamiento mucho más racional y en sintonía con el interés del sistema y la comunidad.

El sistema de autobuses amarillos constituía un enclave de informalidad en el ámbito laboral y tributario y su comportamiento incluía prácticas que se apartaban de normativas vigentes en Chile. Las regulaciones de transporte e incentivos que el Estado venía aplicando con el sistema de licitación de vías (en los años noventa), no fueron suficientes para producir una transformación real en la organización del sistema. Los cambios efectuados a partir de Transantiago tienen por lo tanto un sentido estratégico para la industria y posibilitan la aplicación de técnicas modernas de gestión y manejo de recursos humanos, entre otros.

Además del significado de largo plazo de este giro en la organización, es posible destacar tres impactos de efecto inmediato:

B. Reestructuración de las relaciones laborales

La práctica de contratar choferes por el salario mínimo, para que completaran su ingreso en función de los pasajeros transportados dio origen a la denominada “competencia en la calle”, con los consiguientes costos por congestión y accidentes. En el nuevo sistema, Transantiago, se incorporó el contrato por el total de la renta pactada con el chofer, la que pasó a ser independiente de la cantidad de pasajeros transportados. Con ello desaparece el efecto de competencia mencionado y se da paso a un esquema de mayor certidumbre para los conductores en cuanto a renta, previsión y protección en general. Finalmente, la incorporación de un sistema electrónico de pago liberó a los choferes de la tarea de cobro y del manejo de dinero, lo cual les ha permitido desempeñarse con mayor concentración en la función de conducir y con menos riesgos de asaltos. En el cuadro siguiente se resumen los cambios ocurridos en el ambiente laboral.

CUADRO 18
RESUMEN ASPECTOS LABORALES

Ítem	Sistema autobuses Amarillos		Sistema Transantiago		
Remuneración	Fija:	0 %	Aportes a la seguridad social por el mínimo legal (aprox. 223) - Baja jubilación	100% 539 a 1001	-Aportes a la seguridad social sobre base de remuneración completa. Mejora en la jubilación
	Variable:	Según número de pasajeros transportados 616 a 924 (declarado por conductores)	- Guerra por el boleto - Jornada laboral muy extensa: 12 a 14 horas diarias - Conducción agresiva	0%	
Obligaciones normativas	Uniformes	- El costo del uniforme lo pagaba, al menos parcialmente, el conductor	Uniformes Gasto medio por autobús Solo en troncales, aunque hay ejemplos en alimentadores Remuneración independiente de número de pasajeros transportados	- A cargo del empleador - Capacitación - Incentivos - Beneficios Algunas empresas prueban sistemas innovadores para complementar renta	
Quejas laborales	Falta de pago correcto y oportuno de remuneraciones No existía registro de asistencia Jornada laboral informal de entre 14 y 18 horas diarias Poca claridad de quién es el empleador		Jornada de trabajo formal de 8 horas diarias	Conforme a código del trabajo y supervisión de entidades fiscalizadoras	
Régimen tributario	Renta presunta		Renta efectiva		

Fuente: coordinación de Transantiago.

C. Cambio en el trato a los escolares

Por mucho tiempo ha existido en Chile la obligación de los operadores de autobuses de cobrar tarifa rebajada a los escolares, beneficio importante para los estudiantes de bajos ingresos, pero a su vez origen de una discriminación que los afectó durante décadas. Ello debido a la práctica de fijar la remuneración variable de los conductores en función de la recaudación y la consiguiente vulnerabilidad de los estudiantes al contribuir en menor medida relativa a dichos los ingresos. La expresión de esta discriminación fue el mal trato de obra o palabra a los niños y en muchos casos, la negación del servicio.

Con el nuevo sistema el ingreso de los choferes ya no depende de cuánto pague cada pasajero, lo que favorece la seguridad y dignidad de los niños, rompiendo con una tendencia que afectó larga y negativamente la convivencia entre estudiantes y conductores del transporte público.

D. Cambios en la ocurrencia de accidentes

La información sobre accidentes en los que se ven involucrados los autobuses presenta cambios de interés para los efectos de este análisis:

CUADRO 19
EVOLUCIÓN DE SINIESTROS DE TRÁNSITO, FALLECIDOS Y LESIONADOS EN
SUCESOS ASOCIADOS A LA PARTICIPACIÓN DE AUTOBUSES URBANOS
DENTRO DEL GRAN SANTIAGO
(Período 2005–2010, enero a diciembre)

Año	Siniestros	Fallecidos	Lesionados			Total lesionados
			Graves	Menos graves	Leves	
2005	6 366	112	533	481	3 395	4 409
2006	4 951	71	403	292	3 159	3 854
2007	3 406	73	417	231	2 413	3 061
2008	3 291	80	379	236	2 089	2 704
2009	3 047	58	322	167	1 753	2 242
2010	2 937	83	321	140	1 787	2 248

Fuente: coordinación de Transantiago.

Se observa una tendencia general a la baja en el total de siniestros, aún cuando el gran “salto” ocurre entre 2005 y 2006, es decir, antes de Transantiago. En cuanto a lesionados, el total presenta también un comportamiento decreciente que tiende a revertirse en el último año (2010). Al clasificar por tipo de lesión, el número de fallecidos muestra un patrón errático; los graves, menos graves y leves decrecen con tendencia a estancarse en el último año.

Con la excepción de los fallecidos, los valores tienden a disminuir en el período pero siguiendo una trayectoria que ha sido marcada desde 2005. No se observa ningún salto abrupto entre 2006 y 2007, excepto los heridos leves, que disminuyen en un 23,6%. Entre 2006 y 2008 tampoco se aprecia un cambio abrupto, de manera que solo puede afirmarse que Transantiago tiende a mantener a la baja las cifras de siniestros y heridos que ya venían disminuyendo desde 2005, tendencia que finalmente se atenúa en 2010.

XI. Subsidios

Es preciso considerar además que, a diferencia del sistema de autobuses amarillos, Transantiago opera con un subsidio estatal explícito²⁸. La iniciativa de este subsidio surge en el momento de la puesta en marcha del sistema y se traduce en un proyecto de ley que es aprobado en el Congreso Nacional el 19 de agosto de 2009 como “Ley de Subsidio al Transporte Público” (N° 20.378)

Dicha Ley plantea como objetivos propios²⁹ la creación de un subsidio para a) promover el uso del transporte público y b) compensar los menores pagos que realizan los estudiantes en los servicios de transporte.

El objetivo de promover el uso del transporte público corresponde a una política de larga data en el sector que, reconociendo los menores costos sociales por pasajero transportado que caracteriza a ese transporte masivo en comparación a modos alternativos, busca privilegiar su operación a través de facilidades de circulación en la red vial. Los corredores para autobuses son una aplicación directa de dicha política en el ámbito del tráfico en las ciudades.

El objetivo de compensar los menores pagos que realizan los estudiantes busca corregir el efecto de una antigua práctica en el sector consistente en que la autoridad obliga a los operadores a rebajar la tarifa escolar de los autobuses a cambio de un sobrepago a los adultos, lo que constituye un importante beneficio para los estudiantes de bajos ingresos pero implica a la vez una carga adicional para los adultos usuarios del transporte público³⁰.

En Chile, los hogares de menores ingresos son los usuarios más frecuentes del transporte público. Como se indicó, la existencia de una tarifa rebajada para escolares significa que los adultos de esos sectores socioeconómicos deben cancelar un pago adicional para que los servicios se financien. Sin embargo el acceso a esas tarifas rebajadas incluye estudiantes que pertenecen a grupos más acomodados, lo que en la práctica significa que el sector más vulnerable está haciendo una transferencia neta al

²⁸ A diferencias del subsidio implícito con que operaba el sistema de autobuses amarillos, consistente en costos que la comunidad debía asumir por concepto de externalidades, los que naturalmente no eran registrados en la contabilidad “privada” del sistema.

²⁹ Ver Artículo 1° de la Ley 20.378.

³⁰ Esta carga depende del número de viajes escolares y adultos que caracterizan a cada servicio y por ello los cálculos de este subsidio, en el contexto de la Ley, se realizan para cada uno de ellos, con base en información detallada existente a ese nivel. Las transferencias que se están realizando a los operadores mantienen el equilibrio de ingresos de éstos y hacen de cargo fiscal el sobrepago que pagan los adultos.

sistema que beneficia segmentos socioeconómicos más adinerados. Este subsidio cruzado constituye entonces una práctica regresiva.

Por otro lado, la rebaja escolar y la necesidad de que los adultos paguen una “sobre-tarifa” para financiar el servicio, deja a los autobuses en una posición competitiva desfavorable frente a otros modos. Ello porque el cobro a los adultos se encarece para mantener la relación entre ingresos totales y costos totales, constituyendo una suerte de impuesto al transporte público, desincentivándolo. En otras palabras, el transporte en autobuses debe enfrentar el mercado con un precio artificialmente mayor, calculado para financiar, además de sus costos, una obligación que su competencia no tiene.

La Ley hace de cargo fiscal el incremento en la tarifa adulta, eliminando la distorsión de precios en el mercado del transporte urbano y corrigiendo a la vez la carga regresiva impuesta sobre los usuarios adultos.

Al respecto, la Ley de Subsidios al Transporte Público contempla una componente permanente derivada de los propósitos expuestos y otra transitoria que se refiere a los ajustes del sistema durante en un período de instalación cuyas extensión establece y en el cual se generan costos de adaptación que debieran extinguirse en dicho lapso.

Sin perjuicio del financiamiento fiscal del subsidio cruzado señalado, la justificación de un subsidio al transporte público está ligado también a la existencia de beneficios sociales y a la reducción de externalidades negativas resultantes del cambio de sistema y en tal sentido Transantiago es un proyecto cuyos buenos indicadores económicos provienen en gran medida de los ahorros de tiempo y de emisiones.

Y como estos ahorros de tiempo y de emisiones provienen de realizar grandes inversiones, por ejemplo, para dotar de corredores a la red de transporte público con miras a mejorar la velocidad de desplazamiento de los autobuses y con ello producir los ahorros, o bien para solventar el costo de la reforma organizacional de la empresa que implique un nuevo trato laboral a los trabajadores, con las externalidades positivas que ello implica para el sistema en su conjunto, entonces se está frente a beneficios socialmente valorados pero que no están financiados con los ingresos del servicio y, no existiendo retornos suficientes para cubrir tales costos, necesariamente se genera un déficit en el sistema .

En consecuencia, lo que parece relevante es si los subsidios que efectivamente se transfieren guardan alguna relación con beneficios del sistema. Al respecto en el siguiente Cuadro se presenta un resumen comparativo que incluye los beneficios por ahorros de tiempo y de emisiones y los subsidios permanente y transitorio aportados por la Ley 20.378 durante el año 2010:

CUADRO 20
COMPARACIÓN DE BENEFICIOS SOCIALES CON SUBSIDIOS (2010)

Concepto	Monto (millones de pesos)
Beneficios por ahorro de tiempo	194 304
Beneficios por reducción de emisiones	18 815
Subsidio permanente Transantiago	128 397
Subsidio transitorio Transantiago	242 267

Fuente: Análisis sobre la base de resultados de evaluación económica e información del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2010

Las cifras señalan que el subsidio permanente es prácticamente la mitad de los beneficios por ahorro de tiempo y emisiones sumados.

XII. Conclusiones

- a) En respuesta a los propósitos del presente estudio se confirma que: 1) la existencia de beneficios importantes en reducción de emisiones cuando se implementa una reforma global a un sistema de transporte urbano a través de un mecanismo como Transantiago y 2) estos beneficios ambientales no necesariamente ocurren en desmedro de la calidad del servicio de transporte, sino simultáneamente con mejoras para el transporte, pudiendo éstas ser mucho mayores que los primeros (véase cuadro 18).
- b) El análisis realizado señala que Transantiago, a tres años de su puesta en marcha y tras un complejo proceso de ajuste, ha alcanzado una condición socialmente rentable originada en una mayor eficiencia global del sistema y los ahorros de recursos que ello implica, en particular tiempos de viaje y emisiones contaminantes. La tasa interna de retorno (social) del proyecto de transporte es de 29.4% y al agregar los beneficios ambientales esta crece al 31.3%. Se observa además que los beneficios sociales estimados son prácticamente el doble del subsidio permanente que recibe.
- c) El sistema de autopistas urbanas y la red de metro de Santiago no forman parte del paquete de inversiones evaluadas en este estudio pero integran las redes modeladas (con y sin proyecto) y por lo tanto interactúan con la reforma al transporte público explícitamente analizada influyendo en la conformación del nuevo equilibrio. Los resultados positivos que se obtienen de Transantiago reflejan también la importancia de estos sistemas en tanto concurren con capacidades propias a acomodar nuevas demandas que surgen de la intervención, lo que es particularmente claro en el caso del metro. Al respecto se pueden extraer dos conclusiones i) para alcanzar beneficios sobre el conjunto del sistema como los reportados, la estrategia de desarrollo de inversiones e intervenciones en el sistema de transporte urbano en el largo plazo debe contemplar todos los modos de transporte y 2) la herramienta de análisis a utilizar para medir la bondad de proyectos de esta naturaleza debe ser capaz de captar todos los modos y redes relevantes del sistema. Así planteado, es posible comprobar que no existe una contradicción en el desarrollo simultáneo de distintos modos de transporte urbanos, sino la necesidad de que estos desarrollos formen parte de una visión integrada que tenga a la vista los atributos, capacidades y externalidades de cada uno.

- d) Transantiago ha sido una experiencia traumática que deja a la vista debilidades de diverso orden, puestas de manifiesto frente a la envergadura y complejidad de cambiar el sistema de transporte completo de una ciudad como la capital de Chile. En particular destaca la falta de institucionalidad y en tal sentido ésta podría ser una oportunidad para que desde CEPAL se estimule una discusión abierta destinada a delinear el diseño de una propuesta institucional de validez local y regional.
- e) Los principales beneficios del proyecto, entre ellos los ambientales, no parecen tan ligados a la inversión en infraestructura como a los aspectos “blandos” de la reforma del sistema. En particular la integración física y tarifaria y la nueva capacidad del sistema para adaptarse a las condiciones de la demanda fuera de punta figuran entre las mayores fuentes de ahorro de recursos sociales. Destaca en este sentido lo ocurrido con el metro, que sin registrar inversión en el período (véase punto VI. C), modifica sustancialmente su partición modal y su rol en el sistema de transporte.
- f) Mención especial corresponde a la nueva organización de las unidades productivas de los servicios de transporte y su efecto en la formalidad y racionalidad de las decisiones operacionales. Este cambio se traduce principalmente en una gestión de mayor calidad, un manejo más flexible de la oferta con los consiguientes ahorros de recursos y en un nuevo trato laboral que introduce mayor resguardo a los trabajadores y más seguridad a los viajeros y a la comunidad.
- g) El sistema logra una mayor utilización de la red de metro que de un “metro boutique” pasa a constituir el modo masivo estructurante de la red de transporte público. Así es como la tarifa integrada pone al alcance de nuevos y numerosos usuarios los atributos de ese modo, en particular la calidad y certidumbre de sus tiempos de viaje, llegando finalmente a duplicar su demanda en comparación a la situación anterior.
- h) Es destacable finalmente el buen desempeño del sistema electrónico de apoyo a la integración física y tarifaria constituyendo un medio único de pago que ha hecho posible las transferencias autobús metro comentadas y un nuevo estándar de seguridad y comodidad para los conductores y pasajeros.

XIII. Recomendaciones

- a) Los resultados de este estudio sugieren que las mejoras realizadas al sistema Transantiago hasta el año 2010 están teniendo efectos positivos. Tanto los ajustes de flota y servicios como la construcción de nueva infraestructura de corredores de transporte público, unido a la creación de incentivos adecuados a través de nuevos contratos, están generando resultados favorables que, lejos de propiciar el retorno al sistema anterior (proclamado en el momento de la crisis inicial), confirman lo acertado de la estrategia de “ajuste”, tal como ha sido realizado en el período de análisis. Por lo tanto, la recomendación es continuar las tareas de ajuste y monitoreo de resultados y evitar intervenciones de fondo, en particular aquellas que puedan alterar significativamente la estructura jerárquica de los servicios.
- b) Recomendar a CEPAL el liderazgo en la discusión institucional a que se refiere la letra d del Capítulo XII.
- c) Difundir en la región el concepto de reforma a los sistemas de transporte público como una manera concreta de reducir emisiones y simultáneamente, mejorar las condiciones de los servicios. Destacar la relevancia de los beneficios ligados a la reestructuración de los “aspectos blandos” del sistema.
- d) Resaltar la necesidad de poner especial cuidado a los procesos de puesta en marcha de reformas complejas de transporte público, asegurando la concurrencia de una institucionalidad rectora del proceso, las componentes físicas y de gestión necesarias y evitando la tentación de partir con un “big bang” como el que conocimos en Santiago de Chile.
- e) Estimular estudios de metro en escenarios de integración modal, como el reportado en este estudio, incorporando formalmente en la evaluación social el cómputo de externalidades.
- f) Promover la organización y prácticas formales en la industria del transporte público.
- g) Explorar ampliaciones de la integración modal considerando trenes cercanos al actual área de operación de Transantiago: Metrotrén, el proyecto Melipilla (Talagante) y Santiago TilTil, eventuales servicios de tranvías en la periferia y servicios de buses rurales, entre otros.

Anexos

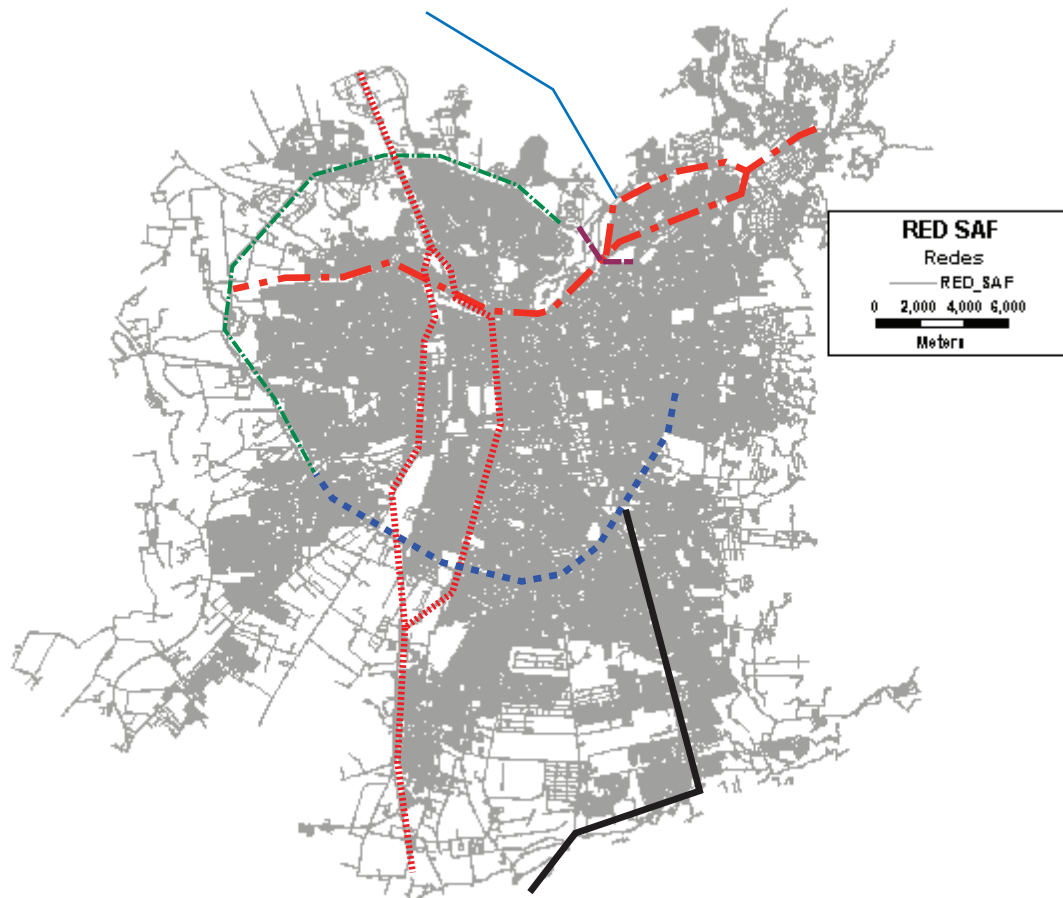
Anexo 1

Proyecto AECID Productos Principales

- a) Marco conceptual sobre transporte y territorio. Descripción general de las variables y relaciones que ligan la interacción de los diversos subsistemas inmersos en ciudades y que explican la dinámica de su funcionamiento y desarrollo, en particular la relación entre el subsistema de transporte urbano, el uso del suelo y la localización de actividades. Diagnóstico documentado de la situación actual y estimación de conflictos futuros en las ciudades escogidas.
- b) Formulación, mediante el método de dinámica de sistemas, de las relaciones entre los diversos subsistemas que coexisten en la ciudad. Elaboración de un mapa de interacciones y esbozo de las funciones respectivas. Aplicaciones preliminares cualitativas al transporte urbano y su vínculo con la ciudad.
- c) Discusión sobre el tipo de medidas, intervenciones, proyectos o instrumentos que contemplen bajas emisiones de carbono en relación con las ciudades escogidas, aplicando medidas estándar de rendimiento. Análisis de las intervenciones realizadas o por realizar en dichas ciudades, para medir los impactos reales sobre las redes de transporte y sobre la producción de emisiones.
- d) Modelaciones de transporte que sean requeridas en función de lo anterior.
- e) Discusión de los resultados, proposición de políticas y medidas que contemplen bajas emisiones de carbono que surjan de los análisis aplicados.
- f) En función de las medidas definidas como “de bajas emisiones de carbono”, un diagnóstico de los procesos institucionales ligados a la preparación e implementación de planes de transporte urbano, desde la perspectiva de incorporar versiones ecoeficientes y una propuesta de cambios que faciliten tales propósitos.
- g) Recomendaciones que surjan del conjunto de análisis descritos, para contribuir a la construcción de sistemas de transporte de menor intensidad carbónica en ciudades sostenibles, eficientes en el uso de energía y recursos en general, y con bajas emisiones de efecto invernadero.

Anexo 2

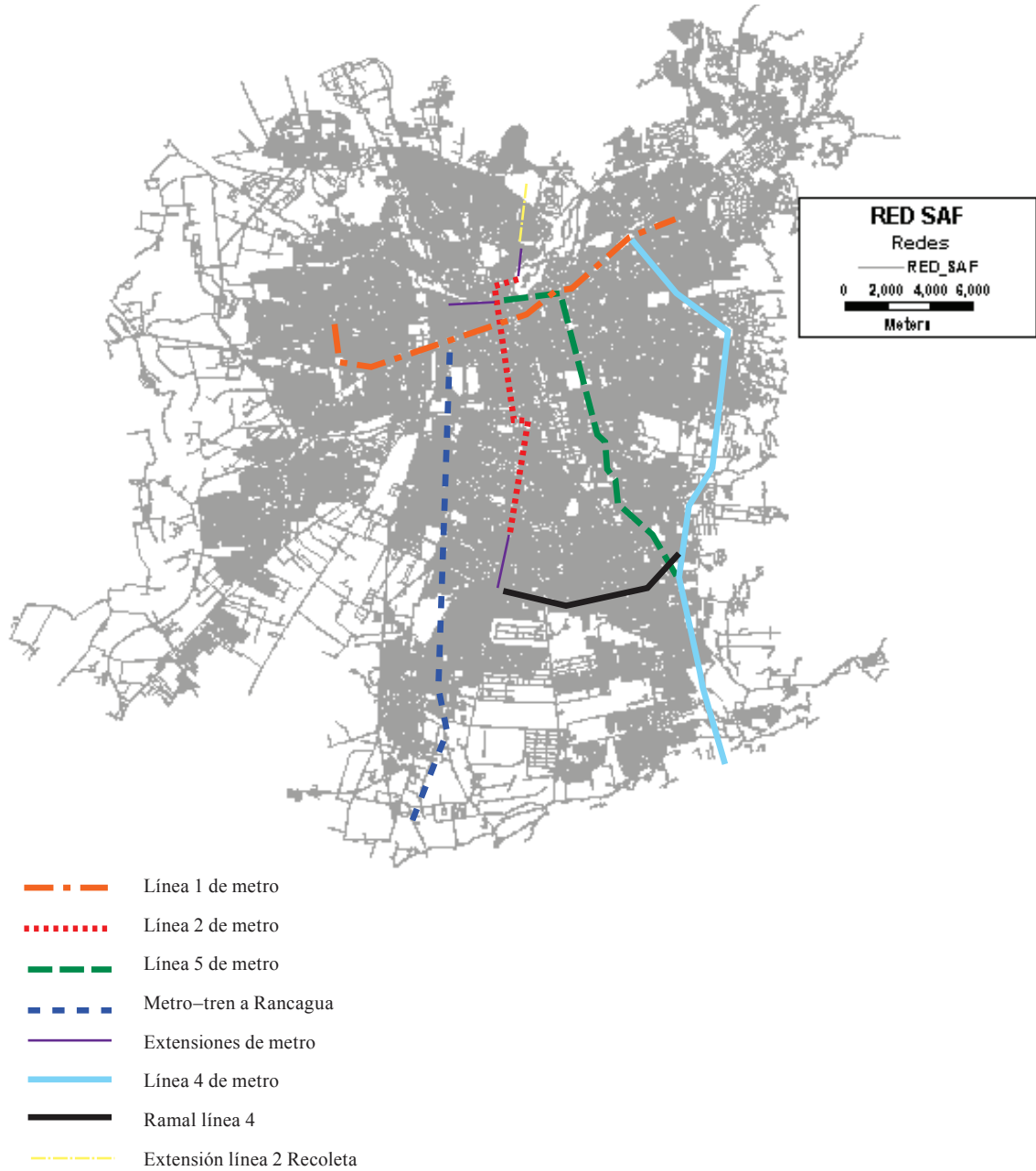
EMPLAZAMIENTO DE LA RED DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS EN SANTIAGO DE CHILE



- Costanera Norte
- Autopista Central
- Vespucio Norte
- Vespucio Sur
- Túnel El Salto / Kennedy
- Radial Nororiental
- Acceso Sur a Santiago

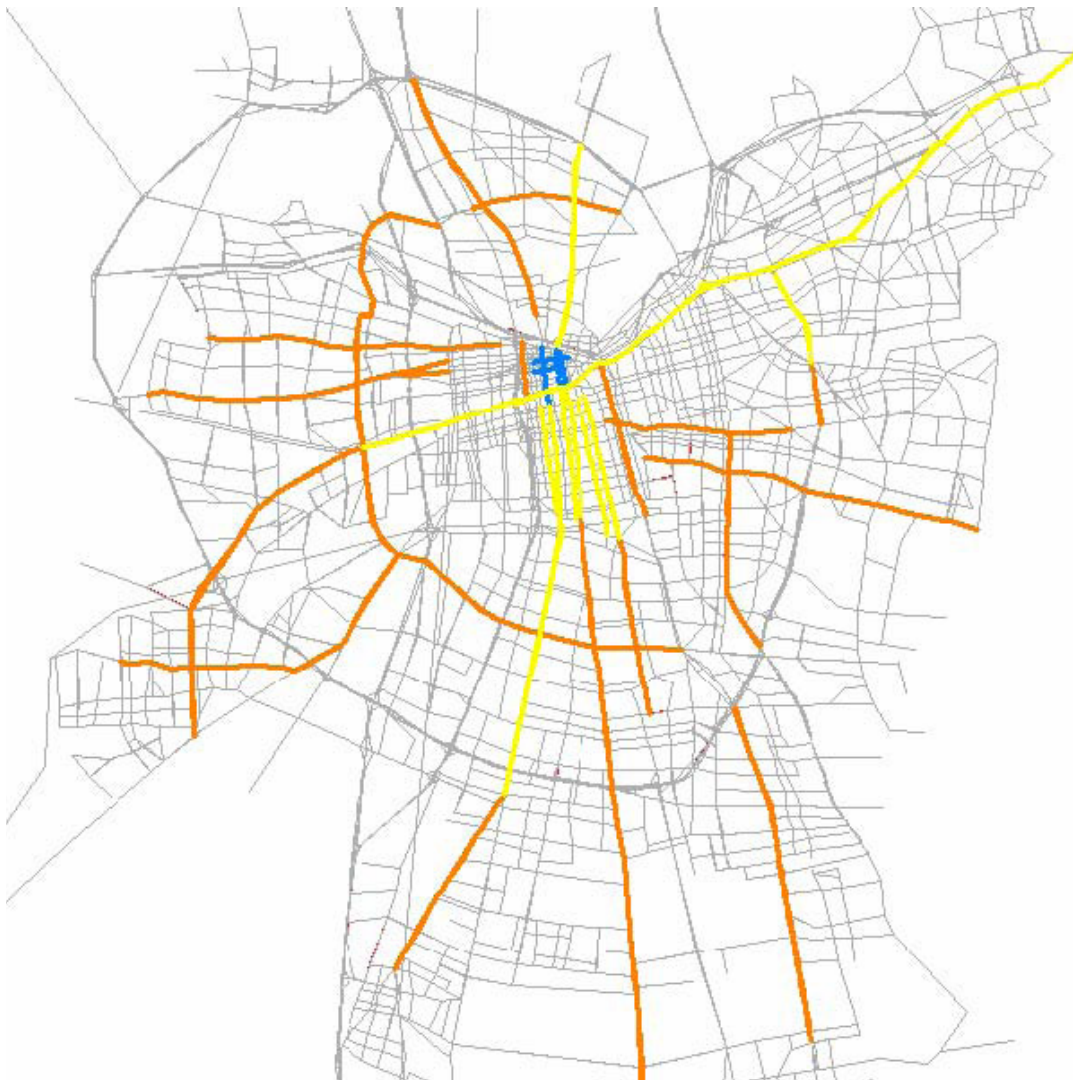
Anexo 3




EMPLAZAMIENTO DE LA RED DE METRO CONSIDERADA EN LA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”



Anexo 4

EMPLAZAMIENTO DE LA RED DE CORREDORES Y VÍAS EXCLUSIVAS DE AUTOBUSES CONSIDERADOS EN SITUACIÓN “CON PROYECTO”



- Base 2010
-  Corredores
-  Pista para autobuses
-  Vías exclusivas

Fuente: SECTRA, documento de descripción de redes.

Anexo 5

EMPLAZAMIENTO DE LOS PROYECTOS VIALES CONSIDERADOS EN SITUACIÓN “CON PROYECTO”



Fuente: SECTRA, documento de descripción de redes.



Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org