

## Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina



Estrategias y medidas para el desarrollo de infraestructura de transporte urbano basada en principios de ecoeficiencia: análisis aplicado al Área Metropolitana de La Serena-Coquimbo



NACIONES UNIDAS

CEPAL

UNITED NATIONS  
**ESCAP**  
Economic and Social Commission for Asia and the Pacific

# **Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina**

**Estrategias y medidas para el desarrollo de infraestructura  
de transporte urbano basada en principios de ecoeficiencia:  
análisis aplicado al Área Metropolitana  
de La Serena y Coquimbo**

**Vicente Pardo Díaz**



**NACIONES UNIDAS**

**CEPAL**



Este documento fue preparado por Vicente Pardo Díaz, consultor de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del proyecto “Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible y en Asia y América Latina” (ROA/101), desarrollado por la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP) y la CEPAL, en asociación con el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UN-HABITAT). Este estudio ha sido coordinado por Joseluis Samaniego, Director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL, y Ricardo Jordán, Oficial de Asuntos Económicos de la misma División. El autor del documento ofrece agradecimientos a Paola García y Rubén Triviño. Se expresa especiales agradecimientos a las siguientes personas por sus comentarios, sugerencias y revisiones del documento: Beatriz Valenzuela y Estefani Rondón Toro. De igual forma, se agradece a Roxana Hernández por la revisión final del texto.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la organización.

## Índice

Resumen.....	5
I. Introducción.....	7
A. Metodología general de la consultoría.....	7
1. Marco de prácticas ecoeficientes en que se desenvuelve el sector público.....	8
2. Ejercicio de planificación aplicado a la conurbación La Serena-Coquimbo para la determinación de potencialidades de ecoeficiencia.....	8
II. Ecoeficiencia en el sector público.....	9
A. Ecoeficiencia en la etapa de planificación.....	9
B. Evaluación económica, instrumento de apoyo a la planificación.....	11
C. Desafíos para el desarrollo del enfoque de ecoeficiencia en la planificación.....	12
III. Ecoeficiencia en la etapa de ejecución.....	13
A. Levantamiento de prácticas en la ejecución.....	14
B. Análisis de las iniciativas observadas en la etapa de ejecución.....	16
C. Recomendaciones a partir del registro de prácticas de ecoeficiencia.....	17
1. Recurso agua.....	17
2. Arquitectura pública.....	17
3. Vialidad, obras portuarias, aeropuertos y obras hidráulicas.....	18
D. El reglamento de contratación de obras como instrumento de apoyo a la internalización de prácticas ecoeficientes.....	18
E. Cómo abrir espacios a la innovación en la ejecución: referentes.....	19
F. Estrategias para incorporar prácticas de ecoeficiencia en la etapa de ejecución.....	20
1. Estrategia tendencial.....	20
2. Estrategia institucional.....	21
3. Estrategia innovadora.....	21
G. Elementos para una propuesta sobre la etapa de ejecución.....	21
IV. Ejercicio de planificación de transporte urbano para cuantificar potencialidades de ecoeficiencia.....	23
A. Elección de los proceso de planificación: aspectos institucionales.....	24

B. Elección de los proceso de planificación: aspectos metodológicos.....	24
V. Características del análisis estratégico: aspectos técnicos de transporte.....	27
A. Plan de inversiones 2002 obtenido de la aplicación del proceso de planificación.....	28
B. Análisis con los actores regionales del plan y perspectivas futuras.....	29
1. Las visiones de desarrollo urbano.....	30
2. Lineamientos para la selección de proyectos.....	30
3. Conclusiones generales.....	31
4. Proyectos para un plan verde.....	31
VI. Potencialidades de reducción de emisiones.....	33
A. Escenario de emisiones: cifras del inventario.....	33
B. Impacto de proyectos (o medidas) en emisiones.....	37
1. Aplicación de restricción vehicular en la conurbación Temuco-Padre Las Casas.....	37
C. Ajustes al plan de transporte.....	40
D. Consideraciones preliminares sobre institucionalidad para la implementación de los cambios.....	41
VII. Conclusiones y recomendaciones respecto del ejercicio de planificación.....	43
A. Recomendaciones finales.....	44
Bibliografía.....	47
Anexo.....	49
Índice de cuadros	
Cuadro 1 Emisiones, consumo de combustibles y actividad del transporte estimada para diversas ciudades y cortes temporales.....	34
Cuadro 2 Variación porcentual de emisiones anuales y actividad del transporte en 11 ciudades, 2005-2010.....	35
Cuadro 3 Conurbación La Serena-Coquimbo: emisiones anuales, 2000-2005 .....	36
Cuadro 4 Actividad del transporte por tipo de vehículo.....	37
Cuadro 5 Reducciones de contaminantes respecto a la situación base.....	38
Cuadro 6 Importancia relativa de los ahorros de emisiones.....	38
Cuadro 7 Ahorros de emisiones asociado a mejoras en combustible.....	39
Cuadro A-1 Plan de inversiones, 2002.....	52
Cuadro A-2 Instituciones integrantes del Comité de uso de suelo, 2002.....	52
Índice de gráficos	
Gráfico 1 Composición inversión pública/inversión privada de responsabilidad MOP.....	14
Gráfico A-1 Características y funcionalidades de MODEM Y MODEC.....	50
Gráfico A-2 Secuencia metodológica de evaluación ambiental de proyectos de transporte.....	50
Gráfico A-3 Funcionamiento Comité de uso de suelos y proyectos.....	51
Índice de recuadros	
Recuadro A-1 Resumen de propuestas de proyectos y medidas de gestión planteadas por los participantes del taller (lluvia de ideas).....	53

## Resumen

El presente estudio aborda el tema de la introducción de principios de ecoeficiencia en la provisión de infraestructura en dos dimensiones: la primera de orden institucional, explorando las actuales prácticas que realiza el sector público en este ámbito y las posibles estrategias para mejorarlas; la segunda, de orden técnico, analizando las herramientas y procesos de inversión que mejor rendimiento producen al momento de la toma de decisiones sobre proyectos específicos de infraestructura.

En el primer caso, se abordan por separado los aspectos de planificación de los correspondientes a la ejecución de los planes y proyectos. En cuanto a la planificación se analizan las innovaciones desarrolladas por la Secretaría Ejecutiva de Transporte de Chile (SECTRA), en el ámbito del transporte urbano y las herramientas técnicas generadas para medir las emisiones contaminantes vinculadas a planes de inversión y su valoración económica. Se comentan además los aspectos institucionales que vinculan a SECTRA con el Sistema Nacional de Inversiones (SIN). En relación con la fase de ejecución de proyectos, se presenta una discusión basada en un levantamiento de experiencias ligadas a ecoeficiencia observadas específicamente en el Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP).

Este análisis basado en las instituciones SECTRA y MOP, que son las que más influyen en las fases planificación y ejecución, respectivamente, permite concluir que existen importantes avances técnicos para la generación de iniciativas de contenido ecoeficiente pero que las prácticas actuales en la ejecución son aún incipientes, lo que sugiere desarrollar nuevos casos de demostración que permitan persuadir a los tomadores de decisión sobre la conveniencia de institucionalizar el concepto y comprometer la búsqueda de nuevos modelos de negocio que estimulen la realización de proyectos de estas características.

En cuanto a los aspectos técnicos para una mejor selección de proyectos ecoeficientes, el estudio analiza el ejercicio de planificación realizado para la conurbación La Serena-Coquimbo y considera un conjunto de casos estudiados en otras ciudades de Chile para estimar la tipología de procesos y proyectos (o planes) que mayor potencialidad puedan presentar para el propósito planteado.

Al respecto destaca el carácter sistémico y participativo del proceso planificación materializado en dicho ejercicio, el que, junto con considerar las expectativas de desarrollo urbano de la población permite contrastar alternativas de planes mediante un análisis intermodal y económico.

En cuanto a los proyectos estudiados en otras ciudades se observa que los impactos en reducción de emisiones en algunos casos son de magnitudes relevantes, comparables al incremento

tendencial de la contaminación, lo que sugiere alentadoras posibilidades de actuar a través de ellos, en la escala adecuada para contrarrestar eficazmente la producción actual de emisiones.

Los análisis técnicos concluyen que los principales beneficios por reducción de emisiones surgen de intervenciones que no necesariamente conllevan elementos de infraestructura sino que a través de medidas de gestión globales o específicas aplicadas a sistemas de transporte urbano. En este sentido es recomendable ampliar la mirada sobre los instrumentos a utilizar, aún cuando ello signifique una dificultad respecto de la institucionalidad a escoger para canalizarlos en la etapa de ejecución.

En relación con lo anterior, hay que considerar también que la infraestructura por sí sola no da cuenta de los impactos que ocurren en materia ambiental, si no que son los servicios que presta (junto a otros componentes como los vehículos y los sistemas de operación en el caso del transporte) los que modifican sus prestaciones y externalidades cuando se realizan intervenciones de propósito ecoeficiente.

En este aspecto, la recomendación que surge entonces es desarrollar-fortalecer la institucionalidad para que el diseño y la evaluación (la planificación en general) de intervenciones de propósito ecoeficiente, se realice atendiendo a la condición de sistema (infraestructura, modos, esquemas de operación), con que se prestan los servicios a la comunidad y en tal sentido se sugiere como estrategia apoyar los planes de SECTRA y su institucionalidad.

## I. Introducción

La Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en asociación con el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UN-HABITAT), están implementando el proyecto “Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina” que busca promover e incorporar criterios de ecoeficiencia en el desarrollo de infraestructura como base para el ahorro de energía y recursos, así como la disminución de emisiones y la promoción de la inclusión social.

El proyecto busca también mejorar la capacidad institucional para la toma de decisiones ecoeficientes en materia de infraestructura urbana, tanto en el diseño de las políticas como su implementación en los países de ambas regiones. Se pretende que los formuladores de políticas y planificadores puedan evaluar la ecoeficiencia de las decisiones de infraestructura de manera integrada y así adoptar las medidas adecuadas para mejorarla. El proyecto impulsará esta meta proveyendo de herramientas metodológicas de evaluación y propuestas de ecoeficiencia e integración social a los encargados políticos y técnicos de gobierno de nivel nacional y subnacional. De esta forma, el proyecto “construirá” capacidades analíticas y propositivas en estos grupos objetivo, sobre los alcances económicos, sociales y ambientales de la ecoeficiencia a través de actividades de cooperación técnica, investigación y capacitación.

Como referencia al enfoque de evaluación en los niveles: ciudad, proyectos y sectores, se considerará en forma prioritaria la promoción y desarrollo de infraestructura referida a transporte, gestión de residuos sólidos, actividades productivas, energía, edificación pública, equipamiento (educación, salud, espacio público) tratamiento de aguas servidas y provisión de agua.

En el marco descrito para el proyecto, el presente documento pone el acento en: i) identificar prácticas y oportunidades para la ecoeficiencia en el sector público, a nivel de planificación y ejecución de obras, y ii) la elaboración de metodologías y criterios para la identificación de potencialidades de ecoeficiencia en los proyectos y planes de infraestructura urbana mediante un ejercicio de planificación aplicado a la conurbación La Serena-Coquimbo, específicamente su sector transporte urbano.

### A. Metodología general de la consultoría

La metodología para la realización del presente estudio contiene las siguientes etapas:

## **1. Marco de prácticas ecoeficientes en que se desenvuelve el sector público**

- Consideración de las etapas del ciclo de inversión en infraestructura y de los instrumentos de apoyo a la toma de decisiones.
- Identificación de prácticas de ecoeficiencia en la etapa de planificación y su vínculo con los instrumentos de evaluación económica.
- Revisión de iniciativas ecoeficientes dentro de los procesos de inversión que lleva adelante el Ministerio de Obras Públicas (MOP). Análisis del tipo de iniciativas que las diferentes direcciones del MOP han llevado adelante en este ámbito y discutir sus alcances y potencialidades
- Análisis del instrumento “Reglamento de contratación de OOPP” en la perspectiva de las facilidades que contiene para la implementación del concepto.
- Conclusiones generales sobre el marco de prácticas y de potencialidades de ecoeficiencia posibles de desarrollar en la inversión pública

## **2. Ejercicio de planificación aplicado a la conurbación La Serena-Coquimbo para la determinación de potencialidades de ecoeficiencia**

- Revisión de experiencias y procesos de planificación de transporte urbano existente en Chile que puedan ser considerados para efectos de evaluar el impacto de la introducción de planes y proyectos ecoeficientes.
- Análisis y revisión de planes y proyectos disponibles en la conurbación, las metodologías subyacentes y eventualmente la consideración de nuevos planes (o la redefinición de alguno), con el fin de explicitar opciones que prefiguren una mayor eficiencia en el uso de recursos de inversión, considerando los impactos ligados al cambio climático.
- Análisis y discusión con los actores relevantes de la región y conurbación respecto de las características del plan vigente de desarrollo del transporte urbano de La Serena-Coquimbo y de los efectos reales que ha tenido su implementación. El objetivo es evaluar la calidad del proceso global de planificación, el cumplimiento del mismo, de sus supuestos socioeconómicos, de los escenarios de planificación previstos, en definitiva el acierto en las predicciones y el arraigo de las iniciativas en el contexto de los intereses locales.
- Teniendo en cuenta lo anterior, análisis y discusión con los actores relevantes de la región y conurbación del significado e impacto que podría tener un cambio en los criterios y políticas de selección de planes de proyectos orientado a privilegiar aquellos de mayor potencialidad de ecoeficiencia. Analizar tipologías de proyectos y sus atributos desde el punto de vista ambiental y, finalmente generar consenso sobre un listado de proyectos, ordenado y coherente, que pudiera integrar un nuevo plan “enverdecido” y susceptible de ser sometido a una nueva evaluación.
- Análisis de proyectos experimentados en otras ciudades de Chile como referentes a los casos considerados en la conurbación, que permitan extraer conclusiones sobre impactos asociados a las tipologías definidas.
- Aspectos institucionales específicos ligados a la toma de decisión sobre infraestructura de transporte urbano en la región que pudieran ser relevantes para la introducción de políticas y criterios de ecoeficiencia.

## II. Ecoeficiencia en el sector público

Este capítulo busca identificar dentro de la institucionalidad pública que invierte en infraestructura, posibles prácticas de ecoeficiencia que permitan formarse una primera impresión sobre la situación actual y las potencialidades susceptibles de desarrollar, junto a las estrategias que habría que aplicar para persuadir a los tomadores de decisión sobre las ventajas del nuevo enfoque.

Entre las herramientas de que dispone el sector público para proveer infraestructura, a modo simplificado se distinguen las de gestión (políticas, regulaciones, planes, proyectos, reglamentos de contratación de obras, bases de licitación, contratos, entre otros), las técnicas (manuales, metodologías, normas de diseño, entre otros) y las financieras. A su vez el ciclo de vida de los proyectos involucra normalmente las etapas de idea, prefactibilidad, diseño, construcción y operación. Para efectos de simplicidad del análisis, las dos primeras etapas se denominarán “planificación”, en tanto, las siguientes tres “ejecución”. Si bien estos grupos constituyen fases que no están del todo diferenciadas, su identificación permite abordar de mejor forma el diagnóstico preliminar a que se refiere el párrafo anterior. En efecto, se propone la siguiente distinción:

- diagnóstico y potencialidades de ecoeficiencia en la etapa de planificación;
- diagnóstico y potencialidades de ecoeficiencia en la etapa de ejecución.

A su vez, el ciclo de vida de las inversiones en infraestructura es acompañado por distintos instrumentos que colaboran al diseño y toma de decisión. El particular se hará referencia a la metodología de evaluación en la etapa de planificación y al reglamento de contratación de obras públicas en la etapa de ejecución que concierne al MOP.

### A. Ecoeficiencia en la etapa de planificación

Formalmente la planificación de infraestructura está radicada en cada institución que invierte y la obtención de los respectivos recursos de inversión supeditada a los criterios y procedimientos que establece el Sistema Nacional de Inversiones (SNI) que administra el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN). Es posible afirmar que las exigencias de este último para la presentación y postulación de proyectos generan una oportunidad precaria pero real para la coordinación de iniciativas de inversión que se activa cuando el juicio de los profesionales de dicho organismo que revisan los proyectos así lo considera.

En los años ochenta, y con una mirada estratégica puesta en el desarrollo de los sistemas de transporte, se crea la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA) con la misión de desarrollar dicha visión y los instrumentos técnicos para implementarla. Desde la perspectiva del SNI, SECTRA a poco andar pasa a constituir un apoyo especializado sectorial del rol que realiza MIDEPLAN, un productor de herramientas de análisis, normas técnicas y metodologías y un generador de planes y proyectos de inversión para el sistema de transporte, independientemente de la dependencia que éstos puedan tener respecto de los organismos tradicionales de inversión.

Se generan nuevos procesos de toma de decisión apoyados en la participación de todas las entidades vinculadas al desarrollo de los sistemas de transporte, especialmente urbanos, y se incorporan nuevas herramientas de apoyo a la toma de decisión. Estos aspectos serán vistos en detalle con motivo del ejercicio de planificación que se describe en el capítulo IV y que se refiere a la conurbación La Serena-Coquimbo.

Se pone en marcha de esta forma una visión de sector que incluye el análisis intermodal que permite captar los atributos de las distintas formas de transporte y su articulación como sistema para obtener mejoras en tiempos de viaje para todos los usuarios de la red y ahorros de recursos para todo el sistema. En este contexto, SECTRA inicia, el 2000, el desarrollo de su área del medio ambiente, adelantando la construcción técnico-económica de un punto de vista que en la época y hasta hoy día no tiene presencia formal en la evaluación social de proyectos ni en las decisiones de inversión, pero que tiene una enorme importancia en la salud y calidad de vida de las personas y en la competitividad del país.

Así es como SECTRA ha dado pasos importantes en el desarrollo metodológico para el análisis de emisiones y ha elaborado un modelo denominado “MODEM”, que ha sido aplicado a cuatro conurbaciones y 13 ciudades de tamaño medio, que usa como input las salidas del modelo estratégico de transporte, considera los ahorros de combustible por tipo de vehículo y por período de operación y en base a factores de emisión los transforma en emisiones propiamente tal<sup>1</sup>. En el anexo se describen las características de MODEM. La aplicación de este modelo permite estimar las cantidades de contaminantes que se ahorrarían (o que se incrementarían, según el caso) cuando se aplica un determinado plan de inversiones o de “medidas” sobre el sistema de transporte y sus resultados distinguen los contaminantes de efecto local de aquellos de efecto global.

Existe un desarrollo complementario a MODEM llamado MODEC que permite además estimar los efectos económicos asociados a los cambios en emisiones señalados. Para ello, dichas emisiones localizadas alimentan un modelo de dispersión para simular condiciones de calidad del aire y finalmente calcula los impactos en salud y su correspondiente valorización económica a partir de información epidemiológica (véase el gráfico A-1 en el anexo).

La implementación de MODEC en lo que respecta a la valoración económica de las emisiones de efecto local, requiere de mucha información relacionada con calidad del aire y para ello el conglomerado urbano de que se trate debe disponer de un sistema de monitoreo con historia (funcionando por varios años)<sup>2</sup>. Si por falta de información no es posible calcular los impactos locales, de alguna forma ello podría afectar a la baja los cálculos de rentabilidad social de un determinado plan de inversiones destinado a un área saturada por contaminación. En cualquier caso, es posible estimar aquellos de efecto global o internacional que tienen importancia relevante en la perspectiva del cambio climático.

Hasta ahora se ha hablado de la dimensión medioambiental aludiendo fundamentalmente a las emisiones contaminantes derivadas de la operación de los sistemas de transporte, enfoque que no

---

<sup>1</sup> Una de las características principales del modelo MODEM es que su metodología de cálculo, sigue el enfoque *bottom-up*. Los cálculos que realiza requiere la interacción con algún modelo estratégico de transporte que entregue las simulaciones de tráfico de la ciudad que corresponda. Los modelos de transporte ESTRAUS, VIVALDI, SATURN, EMM, entre otros, siendo ejemplos de modelos compatibles con MODEM.

<sup>2</sup> Que no existe en el caso de Conurbación La Serena-Coquimbo y, por lo tanto, no sería posible obtener el cálculo económico de las emisiones locales.

cubre la amplitud del concepto de ecoeficiencia. Sin embargo, mirado este aspecto con el conjunto del proceso planificación de transporte delineado, es posible rescatar propiedades que colaboran decididamente a hacer viable, concreta y sustentable la materialización del concepto en cuestión:

- el carácter sistémico del análisis que permite estimar nuevos equilibrios considerando todas las componentes que influyen en el transporte urbano: actividades localizadas, escenarios de desarrollo, los orígenes y destinos de las personas y las cargas y la forma en que se manifiestan sus opciones modales;
- en particular, la condición de red intermodal que permite representar la interacción entre las distintas formas de transporte y establecer el reparto de viajes entre éstas en función de los atributos de cada uno y de la forma en que la gente los valora;
- la forma participativa en que opera la construcción de escenarios y visiones de desarrollo urbano y la formulación de planes con “carácter” que reflejen tales propósitos para insertarlos en la realidad a través de inversiones concretas. Todo con el propósito de levantar propuestas de inversión con arraigo en los intereses locales reales;
- la posibilidad de cuantificar los cambios de emisiones ligados a planes de inversión, tanto de importancia local como global a través de la herramienta de modelación MODEM;
- la posibilidad de estimar el valor económico de tales cambios a través de la herramienta de modelación MODEC que contempla un modelo de dispersión para simular la interacción entre las emisiones y el medio ambiente e información epidemiológica para cuantificar costos en salud;
- dado todo lo anterior, la posibilidad técnica de incorporar en la evaluación social de proyectos los impactos económicos relacionados con emisiones y, por lo tanto, de disponer de una herramienta concreta para medir el aporte ambiental y económico de intervenciones de inspiración ecoeficiente.

## **B. Evaluación económica, instrumento de apoyo a la planificación**

La evaluación de proyectos estratégicos de transporte considera los ahorros de recursos relevantes al enfoque social, aplicando los precios correspondientes. Así es como se considera el ahorro de tiempo asociado a los proyectos y se procura determinar el valor para la economía de la disminución de demoras en las personas por concepto de mejoras en la operación (valor social del tiempo). Las mejoras al tráfico generan también ahorros de combustible, mantenimiento, entre otros, los que son valorados a los precios sociales. Desde luego se incorporan también los costos de inversión en infraestructura. Todos estos, proyectados en el horizonte de evaluación permiten calcular los indicadores convencionales de VAN y TIR.

Como se indicó anteriormente, en la metodología oficial en uso autorizada por MIDEPLAN no entran en el cálculo de los indicadores las externalidades por contaminación y accidentes, por diversos motivos:

- aun cuando existe conciencia que la operación de los sistemas de transporte está estrechamente ligada a la producción externalidades negativas y que su consideración no debiera estar ausente a la hora de tomar decisiones, motivos de precisión del análisis, financieros y políticos se han traducido en que, en general, los resultados de la evaluación de transporte no se “mezclan” con los resultados ambientales (cuando estos existen)”, práctica que se ha mantenido por mucho tiempo entre las entidades públicas ligadas a la asignación de recursos de inversión: MIDEPLAN y Ministerio de Hacienda;

- hay precios sociales que son determinantes y discriminatorios a la hora de evaluar proyectos, los que han sido motivo de largas discusiones técnicas, económicas y políticas y que, en ausencia de acuerdo, se mantienen invariantes por mucho tiempo. Por mencionar los más importantes: el valor del tiempo y el valor de la vida.

En este sentido la iniciativa de SECTRA en cuanto a desarrollar MODEM es un paso innovador e importante en la línea de posibilitar el levantamiento de la restricción por “imprecisión” mencionada y así, en términos técnicos al menos, poder recalcular los indicadores de rentabilidad, internalizando los impactos ambientales.

### **C. Desafíos para el desarrollo del enfoque de ecoeficiencia en la planificación**

Todo hace pensar que a corto plazo MIDEPLAN deberá aceptar la inclusión formal de las emisiones en los análisis de evaluación económica. Para entonces, los desarrollos técnicos expuestos habrán constituido ganancias de tiempo y metodológica. En la línea de fortalecer estas iniciativas se estima recomendable:

- desarrollar capacidad técnica para la generación de iniciativas de inversión de alta eficiencia en el consumo de recursos y reducción de emisiones, para su análisis dentro del marco metodológico expuesto. Iniciar este proceso con SECTRA y a través de ésta, difundirlo a todas las entidades que generan proyectos;
- estimular el perfeccionamiento de las herramientas metodológicas generadas por SECTRA, cautelando el rol planificador de esta entidad de manera que pueda llevar a cabo sus iniciativas de desarrollo;
- establecer un plan progresivo de inclusión del concepto de ecoeficiencia en el proceso de planificación que sea vinculante para todas las entidades que ejecutan inversiones.

### III. Ecoeficiencia en la etapa de ejecución

La primera impresión que existe es que el concepto de ecoeficiencia es ajeno a las prácticas de ejecución de obras de infraestructura y que solo en casos aislados y puntuales se pueden registrar algunas experiencias. En este capítulo se pretende documentar dicha apreciación a partir de antecedentes recopilados en el MOP, que es la entidad que concentra la porción principal de la inversión en infraestructura pública y que gestiona el mayor presupuesto de inversión del país, (alrededor de dos mil millones de dólares al año).

Cabe mencionar que, en adición a las obras convencionales que el MOP gestiona con financiamiento fiscal, a contar del 2000, surge en esa Secretaría de Estado una línea de provisión de infraestructura distinta a la estatal, basada en un nuevo modelo de negocios, el de concesiones, que atrae capital financiero privado y genera retornos capturando la disposición a pagar por mejor calidad de transporte. El sistema de concesiones suma a la fecha una inversión total del orden de once mil millones de dólares y en algunos años ha significado una inversión incluso superior a la que realiza el propio Estado.

En el gráfico 1 se observa cómo se componen la inversión pública y la privada entre los años 1995 y 2006. Allí se ve, por ejemplo, cómo entre los años 2003 y 2005 la última superó a la primera, tendencia que ha ido cediendo en los últimos años debido a la disminución de proyectos de interés público-privado, (en comparación a las primeras iniciativas) y a la revisión de algunos aspectos del marco regulatorio.

La distinción entre inversión pública y privada es relevante en el ámbito del presente estudio porque el conjunto de acciones que van desde la idea inicial hasta la explotación de los servicios de infraestructura, pasando por la pre-factibilidad, ejecución, entre otros, siguen procesos diferentes, según se trate de una u otra, lo que deben tenerse en cuenta para poder definir la forma en que el nuevo concepto se hace presente en las decisiones concretas de inversión.

Por otro lado, el proyecto que da origen a esta consultoría y que se menciona en la Introducción, pone el acento, como su nombre lo indica, en el espacio urbano, teniendo en consideración que los niveles de urbanización de la región son crecientes y alcanzan aproximadamente al 75% de la población total, que las ciudades consumen alrededor del 75% de la energía total y que generan del orden del 80% de las emisiones de efecto invernadero.

Del total de la infraestructura provista por el MOP, un 20% se localiza en ciudades, esto es, del orden de los 400 millones de dólares anuales. Constituye una excepción el caso de Santiago entre los años 2001 y 2004 en que se establece el Programa de Autopistas Urbanas a través de concesiones,

consistente en seis autopistas con un sistema integrado de pago electrónico y una inversión total superior a 2500 millones de dólares. Terminado dicho Programa, los aportes al financiamiento de infraestructura urbana vuelven a su cauce y nivel normal, los que en general ha mostrado ser insuficientes, a pesar de las contribuciones realizadas por otras entidades públicas como el SERVIU y los Gobiernos Regionales a través de los FNDR<sup>3</sup>.

**GRÁFICO 1**  
**COMPOSICIÓN INVERSIÓN PÚBLICA/INVERSIÓN PRIVADA DE RESPONSABILIDAD MOP**  
(En millones de dólares)



Fuente: R. Bitrán, “Transport Infrastructure Concessions: Chilean Experience”, Ministerio de Obras Públicas (MOP), Santiago, 2007.

## A. Levantamiento de prácticas en la ejecución

Como una forma de establecer la línea base de las iniciativas de ecoeficiencia dentro del MOP, a través de la Dirección de Planeamiento (MOP, 2009), se realizó un levantamiento de las prácticas actuales, urbanas e interurbanas, relacionadas con ecoeficiencia en la provisión de infraestructura, cuyas líneas principales se observan en el siguiente resumen:

- la Dirección General de Aguas (DGA) presenta la práctica más consolidada y de compromiso oficial, ya que adhiere a la Iniciativa de Eficiencia Hídrica<sup>4</sup> y a iniciativas concretas orientadas al ahorro de agua (sello de eficiencia artefactos domiciliarios, eficiencia hídrica en la minería, normas técnicas, compras sustentables, difusión y capacitación, recopilación de buenas prácticas). No obstante, ninguna de las prácticas reportadas por la DGA tienen que ver con la provisión de infraestructura y no podía ser de otra manera ya que, a diferencias del resto de las direcciones del MOP, ésta tiene un

<sup>3</sup> Con la excepción del Metro de Santiago, la provisión y mantenimiento de infraestructura de transporte urbano se encuentran radicadas en diferentes organismos públicos, todos con múltiples responsabilidades y ninguno con asignación especial al tema urbano. Así es como ninguno reconoce una vocación especial por su desarrollo, lo que en general ha significado postergación y déficit en la atención y en la provisión de recursos para la ejecución y conservación de proyectos.

<sup>4</sup> Cumbre para el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, 2002.

rol esencialmente planificador (del recurso) y normativo. Esta característica, por supuesto no le resta capacidad para influir en el grado de eficiencia con que se utilice el agua, pero señala un canal distinto al de la infraestructura para producir el efecto deseado;

- el caso de la Dirección de Arquitectura presenta una revisión a fondo de las condiciones de diseño que involucran la edificación pública proponiendo un cambio radical de paradigmas y de lenguaje. En un edificio eficiente “ningún elemento queda al azar, se busca el máximo confort con una mirada a la arquitectura bioclimática”. Esta reflexión surge, entre otros aspectos, de evidencias levantadas sobre el alto costo de la calefacción en servicios públicos de la región de Los Lagos y la manera insatisfactoria en que ésta es provista en los meses más críticos. Se genera un proceso de discusión e intercambio y búsqueda de mayor conocimiento en materias de eficiencia energética, diseño de sistemas de gestión y certificación de proyectos arquitectónicos para las fases de diseño, construcción y operación. Se entiende que hay compromiso energético y de consumo de agua en la fase de construcción, pero que en la fase de operación que transcurre durante toda la vida útil de la obra este pueden ser mucho más relevante, sea por la cuantía del mismo como por lo extenso del período. De ahí que se necesita cuantificar estos impactos para estimar el flujo de costos en el horizonte de vida útil del edificio y de esta manera tener la posibilidad de comparar alternativas en función de indicadores económicos;
- la Dirección de Arquitectura reporta además iniciativas concretas destinadas a mejorar el confort, la eficiencia energética y la calidad ambiental: confort acústico para permitir a las personas escucharse sin gritar o alzar la voz, sistemas eléctrico de iluminación de alto rendimiento, sistemas de calefacción o ventilación de alto rendimiento, envolvente térmica de alta eficiencia que consiste en aislación continua y libre de puentes térmicos. Finalmente reporta el caso del edificio de la Policía de Investigaciones de Chile (PDI) de la Región de Los Lagos, concebido en origen para la aplicación de los conceptos de eficiencia energética señalado precedentemente;
- la Dirección de Aeropuertos plantea aspectos conceptuales relativos a la planificación estratégica y evaluación ambiental estratégica, señalando que a nivel de proyectos se incorpora la idea de aeropuertos verdes. Describe las tecnologías adecuadas a una infraestructura sustentable y presenta experiencias de construcción sustentable en concesiones aeroportuarias: El Tepual en Puerto Montt consistente en un sistema geotérmico de climatización y Cerro Moreno en Antofagasta con un sistema de tecnología solar para la iluminación de la vialidad interna al aeropuerto;
- la Dirección de Obras Portuarias se refiere a sus actividades en el archipiélago de Chiloé, a cargo de un proyecto de inversión en infraestructura en 28 islas pequeñas del mismo. La mayoría de éstas no tienen acceso a energía eléctrica y el proyecto plantea proveer iluminación en base a energía solar y eólica, para su terminal portuaria en cada isla, agregando un refugio para pasajeros y un poste para luminaria;
- la Dirección de Vialidad reporta el trabajo realizado en la Región de Tarapacá desde el año 2004 en el uso de energías renovables como parte de soluciones en el área de seguridad. Se trata de territorios aislados que no disponen de energía y en los que se ha implementado energía solar para alimentar luminarias, tachas solares para reforzar demarcación y pantallas de mensajes variables comandadas en forma remota.

## B. Análisis de las iniciativas observadas en la etapa de ejecución

Si bien se observan acciones emergentes en las diferentes direcciones nacionales del MOP, estas no se han incorporado a nivel de política pública a nivel nacional, regional o local, en los territorios urbanos donde impactan las obras. A continuación se desarrollan las siguientes observaciones:

- estas prácticas no obedecen a una política general que comprometa a la institución y a los aspectos centrales de la provisión de infraestructura, sino que responden a la solución de ciertos problemas puntuales relacionados con aislamiento y falta de energía, como es el caso de la Dirección de Vialidad y la Dirección de Obras Portuarias;
- se observa una revisión más profunda del diseño (arquitectónico) en el caso de la Dirección de Arquitectura que conlleva compromiso institucional pero con una práctica limitada y de poco impacto urbano;
- las prácticas concretas obedecen a una formulación conceptual sobre planificación estratégica en el caso de la Dirección de Aeropuertos, con dos ejemplos de aplicación a aeropuertos específicos;
- finalmente se observa en la DGA una práctica consolidada en el ámbito regulatorio, el que sin constituir materia de inversión directa presenta gran potencial en materias de ecoeficiencia en cuanto a las exigencias dirigidas a la infraestructura de inversión privada.

Se concluye entonces que, con la excepción de la Dirección General de Aguas y la Dirección de Arquitectura, las acciones adoptadas por el MOP en el ámbito de la ecoeficiencia constituyen hasta ahora iniciativas valiosas pero de bajo impacto en el intento de llevar el concepto al interior de cada repartición. Lo mismo puede decirse respecto de la experimentación con soluciones ecoeficientes concretas ante problemas puntuales surgidos de la falta de energía eléctrica en situaciones de aislamiento territorial.

Por otro lado, en los últimos años el MOP ha dado pasos significativos en la redefinición de su “producto infraestructura” al volcar su interés desde la “obra” como tal al de las prestaciones que esta lleva asociada. Así se habla de los “servicios de infraestructura” como una mirada que pone el acento en los estándares de dichas prestaciones y en la satisfacción de necesidades que involucran a las personas, la economía y el medio ambiente, entre otros. Esta transferencia de valor desde la entidad física de la obra a las funciones que cumple, obliga a replantear la forma de diseñar, medir y controlar el desempeño de la infraestructura, proceso que actualmente es discutido al interior del ministerio.

Este nuevo enfoque es un reencuentro con las funcionalidades y las prestaciones de la infraestructura, pudiendo serlo también con sus externalidades, todos los cuales influyen sobre los destinatarios de la misma, configurando entonces un marco más propicio para el planteamiento y valoración del concepto de la ecoeficiencia en el ámbito de las inversiones.

Por otro lado, los procesos de innovación dentro del MOP en general enfrentan resistencias que tienen que ver con los incentivos que predominan en su quehacer. Por ejemplo, uno de los aspectos que más contribuye a neutralizar las decisiones de cambio es el incentivo permanente a la maximización de la ejecución presupuestaria, el que actúa en la dirección de alcanzar el total desembolso de los recursos fiscales puestos cada año por la Ley de Presupuestos. Así es como la capacidad de ejecución de dichos fondos pasa a ser un valor de importancia primordial para cada Dirección, condicionando su dinámica y sus prioridades. En este contexto, las intervenciones con propósitos de ecoeficiencia o cualquier otro que pudieran alterar la marcha de los planes de inversión enfrentan severas resistencias internas, máxime, cuando la relevancia de los montos de inversión del MOP a nivel nacional hace que eventuales “demoras” en la ejecución de planes y proyectos constituyan un problema de marca mayor que afecta incluso a la economía del país.

Cuando ello ocurre es claro que el problema toma una connotación política que se traduce en presiones por agilizar los procesos de inversión, a veces con sacrificio de los espacios para la revisión y el cambio, pudiendo comprometer la calidad de los productos y alterar los tiempos y los costos de las soluciones que finalmente se ejecutan. Este subproducto indeseable de la urgencia que se activa tras el propósito de la ejecución presupuestaria, tensiona la cadena de producción y reduce los plazos para las acciones técnicas y de control que preceden y acompañan a la materialización de obras, lo que limita la cobertura y definición de los diseños de ingeniería e introduce nuevos riesgos de costo y tiempo en la fase de ejecución<sup>5</sup>.

Finalmente, a la vista de la magnitud de los recursos involucrados en las inversiones del MOP y el efecto que las mismas pueden alcanzar sobre la población, la economía y el medio ambiente, se advierte un enorme potencial de beneficios a través de la búsqueda de nuevas fórmulas que permitan mejorar la relación ente los insumos consumidos por la infraestructura y la calidad de sus prestaciones, incluidas la reducción de emisiones contaminantes. Pero para que esta eficiencia se despliegue realmente debe evitarse el carácter accesorio de las intervenciones y abordarse en forma directa el objeto de la producción de infraestructura de cada Dirección, de manera que la nueva economía tenga las cifras y la escala apropiadas para hacer frente a los desafíos del cambio climático<sup>6</sup>.

## **C. Recomendaciones a partir del registro de prácticas de ecoeficiencia**

Se trata de recomendaciones preliminares que surgen de la información disponible sobre prácticas actuales del MOP en el ámbito de la ecoeficiencia y de la observación y reflexión respecto de otros referentes que vinculan con la provisión de infraestructura.

### **1. Recurso agua**

Este recurso, esencial para un desarrollo urbano sostenible, tiene en la DGA una entidad planificadora, reguladora y fiscalizadora<sup>7</sup> que se preocupa del recurso propiamente tal y que no tiene funciones relativas a la provisión de infraestructura. Sus objetivos globales ligan con el ahorro del mismo desde donde se construye una estrategia de eficiencia, certificación, alianzas y capacitación, entre otros, plenamente consistente y convergente con los propósitos de ecoeficiencia. Sobre esta materia y en el contexto preliminar de este análisis solo cabe recomendar la continuidad de los planes en curso y la evaluación de los impactos reales de las acciones realizadas.

### **2. Arquitectura pública**

Se aprecia una revisión a fondo del modelo de producto arquitectónico incorporando la ecoeficiencia como uno de los atributos deseables y relevando su importancia a la fase de diseño, donde se resuelven las cuestiones determinantes de la futura edificación. Para una adecuada materialización de este diseño, se señala también la fase de construcción en términos de asesoramiento y control. Al respecto se recomienda avanzar en el estudio de nuevos casos, en el conocimiento y difusión de técnicas eficientes especialmente en cuanto a rendimiento energético y en la sistematización de

---

<sup>5</sup> Esto puede afectar el uso de los recursos públicos, ya que los aspectos que no se resuelven adecuadamente en la fase de diseño afloran mientras se ejecutan las obras y conducen a modificaciones de contratos cuyos costos ya no pueden seguir la lógica de los precios obtenidos en la licitación original y deben resolverse en un ambiente fuertemente presionado por la “urgencia” de reanudar obras paralizadas.

<sup>6</sup> Se trata de contrarrestar eficazmente la producción tendencial de emisiones. Al respecto es interesante analizar las magnitudes de las emisiones que se reportan en el Inventario presentado en el cuadro 1 y que corresponde a 17 ciudades chilenas.

<sup>7</sup> Funciones principales de la DGA: i) planificar el desarrollo del recurso hídrico en las fuentes naturales con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento; ii) constituir derechos de aprovechamiento de aguas; iii) investigar y medir el recurso; iv) mantener y operar el servicio hidrométrico nacional; v) proporcionar y publicar información; vi) propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda; y vii) ejercer la labor de policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público.

experiencias para la formulación de estrategias y planes globales de ecoeficiencia, tanto para las nuevas edificaciones como las existentes.

### **3. Vialidad, obras portuarias, aeropuertos y obras hidráulicas**

Estas especialidades de infraestructura son las que presentan mayor rezago en la incorporación del concepto que nos ocupa ya que no muestran intentos significativos de revisar sus prácticas en tal dirección. Son las que concentran también el mayor monto de recursos de inversión y en consecuencia los mayores impactos socio-urbanos. Siendo entidades centrales en el logro de objetivos institucionales del MOP, por ejemplo, el de la ejecución presupuestaria de cada año, ya comentado, una propuesta de apertura en este ámbito, necesariamente pasa por plantear una estrategia general para el MOP, tal como se describe en el punto III.F más adelante.

## **D. El reglamento de contratación de obras como instrumento de apoyo a la internalización de prácticas ecoeficientes**

Este reglamento es uno de los principales condicionantes de la gestión de obras públicas en el MOP y experimenta frecuentes revisiones y cambios. Es difícil imaginar que a partir de modificaciones en el texto de este reglamento se puedan inducir por sí solo cambios relevantes que incentiven la práctica de la ecoeficiencia. No obstante, si se opta por una estrategia de tipo “institucional” (véase punto III.E más adelante) lo más probable es que se requieran ajustes al reglamento para hacer viable dicha estrategia. Desde esta perspectiva, entonces, se explora el más reciente esfuerzo de revisión realizado al reglamento (Millán, 2008), donde se identifican cuatro áreas temáticas específicas que requieren atención:

- a) debilidades en la “competitividad en el mercado de las obras públicas” que liga con los procesos administrativos utilizados para la adjudicación de los contratos de obras y contratos de consultorías;
- b) debilidades en los “proyectos, contratos e inspecciones fiscales”, que liga con una variedad de deficiencias relacionadas con la manera en que el MOP lleva a cabo sus inspecciones fiscales y sus complejos efectos y ramificaciones;
- c) debilidades en la “contratación de ingeniería y obras” que liga con el desarrollo de los diseños de ingeniería y su vínculo con la ejecución de las obras públicas;
- d) debilidades en la “evaluación de desempeño” que liga con deficiencias de los mecanismos existentes para las Calificaciones de Contratistas y Consultores y su impacto en los contratos.

Al respecto la pregunta que surge es cuán vinculadas están estas “debilidades” del reglamento<sup>8</sup> con la práctica de la ecoeficiencia como para pensar que la solución de ellas pudiera facilitar la materialización de la última. Aun cuando el estudio no tuvo a la vista este enfoque, se puede señalar al menos que:

- aun cuando el estudio mencionado levanta este tema como una restricción a la competitividad en el mercado de las obras públicas, es más relevante al caso que nos ocupa el constatar que los procesos administrativos utilizados para la adjudicación de los contratos de obras y contratos de consultorías comprometen una condición más básica aun: i) la inclusión de la dimensión en cuestión en los estudios y consultorías respectivos; y ii) el resguardo de su debido y fiel traspaso en la etapa de obra. Relevante a esto último es evitar que las componentes de ecoeficiencia de los proyectos sean eliminadas en el

---

<sup>8</sup> En rigor, debilidades de las prácticas observadas y que se quieren corregir con cambios en el reglamento.

proceso de ajuste destinado a hacer calzar la disponibilidad de fondos con la oferta financiera del constructor;

- las inspecciones son por definición la oportunidad en que se debe cautelar la correcta materialización del diseño en la obra y por lo tanto, desde el punto de vista que interesa al presente estudio se trata que garantizar el estricto cumplimiento de las especificaciones en la ejecución, entre ellas la que conciernen a la ecoeficiencia;
- específicamente la calidad de la ingeniería, su cobertura y profundidad, es determinante de la calidad de las obras, cuestión que se refiere no solo al diseño sino a su transferencia a la etapa de ejecución. Como apoyo a esto último surge la figura del gerente de proyecto y su rol en las distintas etapas del proyecto como garante de la continuidad y consistencia del proceso de inversión. En lo que concierne a la ecoeficiencia ambos aspectos están presente: la calidad del diseño y la correcta transferencia;
- finalmente, una adecuada calificación del desempeño de consultores y constructores es una tarea indispensable para que el sistema de inversiones pueda capitalizar las experiencias y mejorar los resultados. En términos generales esto compromete cualquier tipo de inversión, incluidas las ecoeficientes;
- en suma, reglamento de contratación de estudios y obras es un instrumento que puede contribuir de manera significativa a la superación de las debilidades reportadas mejorando así la eficiencia global del proceso de inversión. Aún cuando la perspectiva ambiental y de ecoeficiencia en particular no ha estado presente en el trabajo de revisión, parte de los cambios que ello significaría serían también beneficiosos para el enfoque que nos interesa.

## **E. Cómo abrir espacios a la innovación en la ejecución: referentes**

La ecoeficiencia puede entenderse como una nueva “dimensión” que se agrega a un conjunto de requerimientos ya existentes sobre la infraestructura y que, por definición, no tiene resuelta las dinámicas ni los canales de actuación que permitan llevar sus propósitos a la realidad. Visto de esta forma, lo natural es que las tendencias prevalezcan y en el ámbito de la infraestructura las visiones tradicionales, afianzadas por mucho tiempo, resulten prácticamente inamovibles al momento de decidir lo que es “esencial” y lo que es “accesorio” en un determinado proyecto. Por ejemplo, en el ámbito de la vialidad, dimensiones como “belleza escénica” o “dimensión de género” con sus respectivos componentes plasmados en los diseños, con dificultad salvan las etapas de asignación de recursos e implementación, ya que al momento, de ajustar el presupuesto a los valores ofertados por las empresas constructoras, la prioridad natural para dejar “lo esencial” y postergar “lo accesorio” se guía por las convenciones o incentivos internos de la propia institución, la que sabe bajo que parámetros será evaluada al final del día o del año. Y es claro entonces que las decisiones finales rinden tributo a la “función de producción institucional”<sup>9</sup>.

Por otro lado, Chile ha experimentado un vasto plan de inversiones gestionada a través de mecanismos de concesiones, herramienta que ha venido a resolver un problema de déficit de infraestructura que a inicios de los años noventa parecía imposible de abordar y que comprometía severamente la competitividad del país. Un cambio en las reglas del juego para la participación privada en el financiamiento y gestión de infraestructura, la decisión política de llevar adelante el nuevo esquema y el alineamiento de incentivos económicos para levantar recursos y desarrollar nuevas formas de construcción y explotación, fueron la clave para alcanzar en tiempo récord capacidades y estándares de infraestructura desconocidos en el país.

<sup>9</sup> Por ejemplo y como se verá, la ejecución del presupuesto anual actúa en sentido contrario a la innovación.

Desde el punto de vista de la ecoeficiencia las concesiones pueden presentar algunas ventajas en la fase de construcción al estar alineados los incentivos para minimizar los tiempos de ejecución y el uso de recursos involucrados. Durante la fase de operación, al permitir la circulación de vehículos en velocidades en general asociadas a menos emisiones. Sin embargo, la mención de las concesiones en este caso no tiene tanto que ver con eventuales condiciones naturales que las distinguen de la forma tradicional de obra pública en cuanto a posibles beneficios ambientales. Se trata más bien de preguntarse cómo es posible y de que depende la generación de una dinámica que rompe el paradigma de la inversión pública estatal y modifica las prestaciones incorporando mejores estándares.

En este sentido, el llamado de atención es a explorar también nuevas formas de intervención que modifiquen la provisión de infraestructura y a privilegiar aquellas que impliquen un realineamiento de los incentivos económicos como ocurre en el caso mencionado. La generación de proyectos ligados a la emisión y venta de bonos de carbono es una iniciativa que calza perfectamente con tal enfoque.

Finalmente, los referentes aludidos como ejemplo o contraejemplo, tiene en común la necesidad de que exista un compromiso de los tomadores de decisión con la innovación de que se trate. Para los propósitos de la ecoeficiencia y a la vista de un MOP que concentra la porción principal de las definiciones y acciones relativas a la provisión de infraestructura, se trata por lo tanto de una gran oportunidad para influir en el impacto que ésta genera.

## **F. Estrategias para incorporar prácticas de ecoeficiencia en la etapa de ejecución**

De los análisis realizados se pueden extraer tres ideas básicas para permear los procesos de inversión:

- generar un proceso de expansión de la actividad ecoeficiente a partir de los nichos de buenas prácticas detectados en la institucionalidad del MOP. Esta estrategia se denominará “tendencial”;
- tensionar la cadena de decisiones de inversión a partir de una declaración oficial solemne de compromiso con el concepto y el aseguramiento de su traspaso a todas las fases del proceso. Esta estrategia se denominará “institucional”;
- explorar formas creativas de incentivo de la práctica ecoeficiente, que permita alinear intereses públicos y privados en torno a su materialización. Esta estrategia se denominará “innovadora”.

### **1. Estrategia tendencial**

La actividad registrada en algunos nichos del MOP corresponde básicamente a iniciativas de personas motivadas por el tema ambiental con alguna influencia a nivel de Dirección, como en el caso de Arquitectura y Aguas. Los efectos concretos de estas intervenciones están muy acotados a sus ámbitos o territorios respectivos y son irrelevantes en cuanto a los recursos que les son asignados. Desde esta línea base, pensar en incorporar masivamente prácticas ecoeficientes en el MOP apostando a la capacidad e iniciativa de los mismos agentes actuales para llevarlas a cabo resulta al menos impracticable. Cualquier estrategia útil en tal sentido pasa por dos consideraciones básicas:

- un mínimo apoyo oficial (Ministro) que genere espacios para la proposición y materialización de proyectos específicos;
- incentivos para los creadores e implementadores de iniciativas.

## 2. Estrategia institucional

Consiste en internalizar la ecoeficiencia en todo el proceso de formulación y toma de decisión de planes y proyectos de infraestructura que abarca, desde la generación de ideas hasta el mantenimiento y explotación de obras. Esta estrategia se gatilla con el compromiso oficial de la autoridad por llevar adelante el concepto, lo que se traduce en legitimidad, espacio y motivación para el desarrollo de iniciativas y se consolida cuando todas las etapas del proceso están activas y en sintonía con el propósito. Este planteamiento se vería favorecido si los planes y proyectos de inversión contuvieran componentes de ecoeficiencia como resultado del proceso que se describe en el punto II.A.

Para lo anterior es necesario un adecuado soporte técnico con la aplicación de herramientas de gestión y normativas técnicas apropiadas, lo que significa en particular alinear con los objetivos de ecoeficiencia los reglamentos de contratación de obras, las bases de licitación, los contratos de obras y los contratos de explotación, entre otros.

Sin embargo, la complejidad de una estrategia de abordaje global como ésta es cómo alcanzar la motivación y compromiso del conjunto de personas que sostienen la cultura institucional, la que, como sabemos, es renuente al cambio en general. Y por supuesto no se trata de la actitud formal de aceptación sino del sentimiento real de adhesión al proyecto. En ausencia de estas convicciones, ha quedado demostrado que la experiencia de las organizaciones es más sabia y más fuerte para resistir los ajustes y aprovechar el carácter efímero de las iniciativas y de las autoridades políticas para hacer que el tiempo dé cuenta de las mismas. De esta manera, el apoyo formal parece ser una condición necesaria pero no suficiente para plasmar en el accionar colectivo la voluntad real de hacer el cambio, lo que obliga a un diseño y control cuidadoso de la estrategia.

## 3. Estrategia innovadora

Involucra la exploración de nuevos modelos de negocio en los que la ecoeficiencia constituye un valor transable que incentive la inversión y las expectativas por alcanzar nuevos estándares en materia de uso de recursos y reducción de emisiones. Esta estrategia puede significar un largo camino de diseño del modelo mismo, pero en el caso de resultar exitosa, como lo fue en este sentido el sistema de concesiones, su implementación seguramente correrá por canales distintos a los de la institucionalidad formal ya expuesto, tal como ocurrió con el sistema de concesiones.

## G. Elementos para una propuesta sobre la etapa de ejecución

Al inicio de este capítulo se hizo referencia a las herramientas de apoyo a la inversión pública, identificándose tres familias: las de gestión, normas técnicas y financiamiento. Se mencionaron también las etapas del ciclo de vida de los proyectos. Si a esta clasificación se incorporan las especialidades de infraestructura que administra el MOP y que corresponden a cada una de las Direcciones, se agregan seis distinciones más: vialidad, obras portuarias, aguas, obras hidráulicas, arquitectura y aeropuertos.

La unidad básica que se genera con la intersección de todos estos planos es un nicho u oportunidad específica para intervenir desde la perspectiva de la ecoeficiencia, con las herramientas que correspondan, el financiamiento disponible y el tipo de infraestructura que sea pertinente. Pero el valor que esto pueda generar dependerá de la articulación y consistencia del proceso integral ya que, por ejemplo, una definición de política es clave para fijar el marco de trabajo de los planes, pero si los proyectos a su vez no traspasan los propósitos de ecoeficiencia a las etapas de ejecución, el ciclo se interrumpe y la intención se diluye. A la luz de este esquema, las acciones emprendidas hasta hoy por el MOP —con las excepciones señaladas— parecen surgir de inspiraciones de ecoeficiencia fraguadas en algunos de estos nichos o, en el peor de los casos, como respuestas casualmente “verdes” a problemas específicos de seguridad, iluminación y señalización.

En este sentido, los acuerdos de cooperación suscritos por la CEPAL y el MOP se encaminan al acopio de experiencias y aplicaciones que permitan llegar a las definiciones y declaraciones de política en el ámbito de ecoeficiencia, indispensables para inducir el alineamiento y la motivación de la organización en conjunto. En algún momento estas de declaraciones deben permear también la misión institucional y las herramientas de gestión y técnicas.

Considerando que el camino no se vislumbra fácil para producir un arreglo específico de políticas, regulaciones, estándares y financiamiento que genere un cambio real en la dinámica y resultados de la provisión de infraestructura, la sugerencia para los tomadores de decisiones es tener en cuenta además la opción de explorar formas no convencionales de enfrentar el proceso de inversión, como lo fue en su oportunidad el esquema de concesiones. Así como dicho mecanismo fue en su momento la respuesta para descomprimir un problema principalmente cuantitativo de déficit de infraestructura, en este caso habría que buscar más bien la forma de introducir (incentivar) en la infraestructura y sus prestaciones una nueva cualidad o condición que contribuya a mejorar la eficiencia en el uso de recursos y en la reducción de emisiones.

## **IV. Ejercicio de planificación de transporte urbano para cuantificar potencialidades de ecoeficiencia**

El país dispone de herramientas de análisis y seguimiento que permiten medir el rendimiento de intervenciones en planes y proyectos de infraestructura y su contribución a la reducción de emisiones contaminantes. Hacia ese propósito apunta el ejercicio de análisis aplicado a la conurbación La Serena-Coquimbo. La tipología de proyectos que son puestos en observación allí habla de iniciativas en obras físicas o medidas de aplicación sobre el sistema de transporte, probadas en distintas ciudades, algunas de las cuales efectivamente generan mejoras en magnitudes comparables al deterioro tendencial que registra “el no hacer nada”. Se ve que esta intervención no solo apunta a los proyectos como elemento central de la provisión de infraestructura, sino que al proceso global de planificación de transporte urbano donde se expresan las vocaciones y prioridades de las personas y los territorios. En ese contexto, se concluye que las intervenciones están enfocadas a las cuestiones determinantes de la infraestructura y así pueden efectivamente generar impactos en la escala apropiada para atenuar o aminorar emisiones.

Para identificar las potencialidades de ecoeficiencia materia de esta consultoría se plantea primeramente la búsqueda de herramientas y metodologías de planificación que se encuentren probadas y en uso y que tengan como opción de aplicación la conurbación La Serena-Coquimbo. Adicionalmente se considera que tales procesos deben tener un carácter “estratégico”, es decir, de proyección en el largo en torno a proyectos y redes principales de transporte y la capacidad de generar indicadores técnicos y económicos cuando se analizan planes de inversión o medidas “enverdecidas”<sup>10</sup>, así como la posibilidad de evaluar en términos comparables con planes convencionales con el fin de establecer la diferencia de impacto entre el nuevo enfoque y los esquemas tendenciales de provisión de infraestructura de transporte urbano.

---

<sup>10</sup> Entenderemos por “enverdecidas” aquellas iniciativas que presentan potencialidades explícitas de ecoeficiencia en cuanto a impactos en el sistema de transporte y urbano en general.

## A. Elección de los proceso de planificación: aspectos institucionales

En conexión con la detección de oportunidades para la ecoeficiencia en la etapa de planificación, descrita en el capítulo IV, se hace una revisión de la experiencia de planificación de transporte urbano existente en el país concluyéndose que los desarrollos liderados por SECTRA son los que presentan mayores ventajas comparativas. De hecho esta entidad ha realizado estudios de planes directores de transporte para 29 ciudades del país entre las que cuenta la conurbación La Serena-Coquimbo.

La elección de estos procesos de planificación se fundamenta principalmente en:

- el carácter técnico-asesor de SECTRA que le ha permitido involucrarse en el desarrollo y aplicación herramientas técnicas por varias décadas, acumulando experiencia en análisis de ingeniería de transporte de última generación, en estrecha relación con los centros de investigación y desarrollo nacionales y extranjeros;
- SECTRA, si bien no posee institucionalidad propia, ha realizado sus actividades en estrecha colaboración con MIDEPLAN, lo que le ha permitido desarrollar una visión integrada del sector transporte e independiente de los ministerios que invierten (MOP, MTT, MINVU). De esta forma ha podido ganar ascendiente y capacidad para convocar a todas las instancias relacionadas con la inversión en transporte urbano, una de ellas es el Comité de Uso de Suelo y Proyectos, que será explicado más adelante como muestra de la calidad participativa del proceso de planificación;
- ambas características han permitido desarrollar instrumentos de análisis y propuestas de largo plazo, que no se ven mayormente afectadas por los ciclos políticos de cambios de gobierno<sup>11</sup>.

## B. Elección de los proceso de planificación: aspectos metodológicos

Considerando el caso específico de la conurbación, el proceso de planificación de basa en una serie de estudios y actividades de participación y coordinación a nivel local, regional y nacional. La serie de estudios se inicia con una primera encuesta de origen y destino de viajes y concluye con la elaboración y evaluación de los planes (SUROESTE Consultores, 2000).

Como resultados de estos estudios de la conurbación y que fueron entregados en el año 2002, se dispone de los siguientes productos específicos:

- un modelo de transporte para la conurbación que constituye una herramienta de análisis de utilidad permanente para su uso por planificadores en procesos de análisis (planificación continua) de la ciudad<sup>12</sup>.
- base de datos interrelacionada y dinámica (actualizable) del sistema de transporte y también del sistema de actividades de la ciudad, lo cual es una importante herramienta de apoyo en la planificación urbana;

---

<sup>11</sup> Esta continuidad de enfoque explica, por ejemplo, que el caso de la conurbación La Serena-Coquimbo se venga estudiando desde el 2000, con un plan generado el 2002 y su actualización se realizará a partir de una nueva encuesta de origen y destino de viajes (EOD) que se realiza a durante el presente año, todo dentro de un mismo enfoque de trabajo.

<sup>12</sup> El modelo de transporte (modelo clásico secuencial de cuatro etapas) es capaz de explicar y predecir el comportamiento actual y futuro de la demanda de transporte, de manera que constituye una herramienta útil para la planificación de inversiones viales e incluso, como apoyo a definiciones de usos de suelo y/o actualizaciones de planos reguladores.

- carpeta de proyectos y Programa de Inversiones que resuelven los problemas detectados en la Etapa de Diagnóstico del Sistema de Transporte de la conurbación La Serena-Coquimbo. En el cuadro A-1 del anexo se presenta el programa de inversiones resultante.

Como lo indica el primer producto, se trata de una herramienta que está diseñada y construida para ser utilizada con posterioridad a su primera aplicación en el estudio del plan del 2002 y por lo tanto disponible para nuevos análisis. El segundo producto es también importante por la calidad de la información y su organización orientada a la actualización y el tercero es precisamente el plan de inversiones que “.....resuelve los problemas detectados...”, dentro de un enfoque que llamaremos “convencional” (para distinguirlo del enfoque de ecoeficiencia que nos ocupa).

En síntesis, los procesos de planificación estratégica señalados son relevantes no solo por la herramienta técnica que utilizan sino por la participación de todas entidades que tienen responsabilidades en el desarrollo del sistema de transporte urbano, en este caso, de la conurbación. Estas entidades organizadas como “Comité de Uso de Suelos y Proyectos” cumplen roles fundamentales e insustituibles en la definición de los “escenarios de planificación” y en la conformación de los “planes de inversión”. En valor de ello no solo se refiere a la calidad de la información de que disponen o por ser los beneficiados o afectados directos con las decisiones que se adopten, sino porque los modelos de transporte no generan escenarios, proyectos ni planes; simplemente los analizan produciendo indicadores que retroalimentan el trabajo de los planificadores, dentro de un proceso de sucesivas rondas de optimización. En el anexo se presenta el gráfico A-3 con el rol del Comité de uso de suelos y proyectos dentro del proceso de planificación y en el cuadro A-2, el listado de instituciones integrantes de este comité que operó con motivo del plan director de transporte urbano del 2002.

Finalmente, una vez detectado el nivel de desarrollo de los mecanismos disponibles para ser usados en el presente estudio de planificación, se generan nexos y líneas de trabajo con SECTRA iniciándose un proceso de colaboración que pone el acento en:

- aspectos metodológicos para la modelación y evaluación de transporte, ámbitos de aplicación, resultados y experiencia acumulada;
- análisis de posibilidades de nuevas aplicaciones metodológicas y un eventual convenio con SECTRA.



## V. Características del análisis estratégico: aspectos técnicos de transporte

La metodología de análisis estratégico de transporte permite representar la operación del sistema en sus redes principales modales<sup>13</sup>, simulando el funcionamiento de la alternativa base y de los planes que se quieran testear, para los cortes temporales deseados y en los escenarios de planificación que se estimen conveniente. Las salidas de estos modelos en términos de flujos y tiempos por arco de la red estratégica, son llevados a un módulo de evaluación que contrasta los resultados de los planes con la alternativa base, calcula los ahorros de recursos y aplica precios (sociales y privados, según corresponda) para obtener finalmente indicadores de rentabilidad.

La denominación de “estratégico” implica una selección de las redes poniendo el foco en aquellas principales que concentran los desplazamientos mayores. En cuanto a las inversiones apunta a los proyectos más significativos y de impacto más extendido en el tiempo y en el territorio; en cuanto al horizonte se refiere a aquellas iniciativas de largo plazo y en general se orienta a la evolución de la demanda y oferta de infraestructura en el largo plazo. Aclarado esto, el análisis se introduce en la operación del sistema haciendo uso de información detallada de viajes, costos, entre otros, para llegar a reproducir la “situación base” y finalmente predicciones a futuro.

Para el caso que nos ocupa significa que se simulan las redes que concentran los desplazamientos principales de la conurbación y la sensibilidad del modelo se refiere entonces a cambios que sean relevantes a la operación de dichas redes. En general se trata de grandes inversiones que modifican las condiciones de operación de vías principales, nuevas conexiones importantes, sistemas tecnológicos o regulaciones que cambien de manera significativa flujos y/tiempos de viajes, sistemas de transporte independiente, entre otros. Consistentemente, el modelo es insensible a cambios menores locales, tales como la instalación o reprogramación de un semáforo o un proyecto de ciclovía acotado a un tramo de vía.

---

<sup>13</sup> Para “representar” adecuadamente la operación del sistema de transporte, el modelo requiere una gran cantidad de datos para la calibración y operación de los submodelos que constituyen el sistema denominado “Modelo Clásico Secuencial de Cuatro Etapas” en este caso, aplicado al conglomerado urbano La Serena-Coquimbo. Los datos deben describir las características de los desplazamientos de personas para un día típico laboral y para ello se realiza previamente una encuesta de origen y destino de viajes (EOD) que permita estimar matrices origen-destino por modo de transporte, categoría de usuario, propósito y período. Además de las características generales de demanda, se deben obtener redes de transporte calibradas para el transporte privado, para el transporte público y para taxis colectivo. Actualmente SECTRA se encuentra actualizando el análisis a partir de una nueva EOD que se realiza durante el presente año.

Desde la perspectiva del análisis de ecoeficiencia en las inversiones, el modelo presenta ventajas por el lado de lograr una representación integrada de la operación de los distintos modos de transporte motorizado<sup>14</sup>, diferenciando los ciclos punta y fuera de punta de operación, los que a su vez están ligados a regímenes de consumo y emisiones específicos, que son finalmente los que explican bondades o defectos ambientales. En este sentido el modelo es robusto en términos de la representación detallada de impactos de carácter estratégico y por lo tanto iniciativas de tipo metro, nuevas conexiones viales, ampliaciones relevantes de infraestructura existente y regulaciones que graven los costos de operación del sistema de manera importante pueden ser representados de manera confiable, siempre que exista información suficiente y de calidad respecto de características socio-económicas y viajes de las personas, costos de inversión y operación de los proyectos.

Sin embargo, ese mismo carácter estratégico impide al modelo captar cambios locales, por ejemplo, de gestión de tráfico, que siendo muy “costo-eficientes”, no logran afectar significativamente la operación de arcos principales. El problema (para esta consultoría) es que este tipo de proyectos está directamente vinculado con ahorros de recursos, en particular combustible y por lo tanto podría constituir una fuente importante de buenas prácticas respecto de inversión ecoeficientes.

La pregunta que surge de esto último es si existe un nivel de agregación, por ejemplo, de proyectos de gestión de tráfico en términos de redes tales como SCAT y/o sistemas de ciclovías<sup>15</sup> que pudieran llegar a constituir iniciativas “relevantes” para la conurbación, susceptibles de incorporar al análisis de simulación en conjunto con los planes estratégicos convencionales y por lo tanto perceptibles en el marco de sensibilidad del modelo. En el plano técnico la duda es si la suma de proyectos “marginales”, entendidos como modo y sistema de transporte, podría conducir a cambios de elección modal y de elección de rutas que trasciendan a las redes secundarias, pudiendo influir en el uso de modos motorizados y en la operación de arcos principales de la red. Si ello fuera posible no habría argumento técnico válido para mantener separado el análisis de estas iniciativas, como ocurre hoy día, respecto de los proyectos estratégicos clásicos.

## **A. Plan de inversiones 2002 obtenido de la aplicación del proceso de planificación**

La conurbación La Serena-Coquimbo es un conglomerado urbano que se localiza en la Provincia de Elqui, Región de Coquimbo cuya capital es Coquimbo y a la cual también pertenece La Serena. Ambas constituyen el centro político-administrativo de la IV Región y por lo tanto su influencia traspasa los límites provinciales.

Si bien los núcleos urbanos de Coquimbo y La Serena provienen de desarrollos distintos en la historia<sup>16</sup> el crecimiento de ambas ciudades ha ido acercando e integrando sus territorios y sus redes hasta fusionarlos y constituir (2010) una conurbación que alcanza a una población de 390.900 (estimación propia en base a INE, 2005) personas. Para todos los efectos de la planificación y operación del transporte urbano, la red principal de infraestructura de la conurbación está física y funcionalmente integrada y es esa la red que debiera considerarse para simular el comportamiento del sistema de transporte frente a innovaciones en materia de proyectos, en este caso, orientados a un mejor desempeño ambiental.

---

<sup>14</sup> Que en lo referente a emisiones por vehículo son los de mayor impacto relativo.

<sup>15</sup> Entendida como un sistema conexo, señalizado, con guarderías de bicicletas y puntos de intercambio modal que sirva de plataforma para el funcionamiento de un “sistema de transporte en bicicleta” competitivo con los modos motorizados y capaz de acoger viajes de mediana distancia con propósito trabajo y no solo turístico y recreativo.

<sup>16</sup> El origen de Coquimbo se remonta al siglo XVIII, cuando comienza a adquirir ciertas características de emplazamiento urbano, donde además, predominaba la actividad económica basada en la minería y la agricultura. En cambio, La Serena se origina con la refundación de la villa San Bartolomé de La Serena en 1549, al mando de Francisco de Aguirre, al parecer, en el mismo lugar que ocupa actualmente la ciudad de La Serena.

A partir de los procesos de participación descritos en este informe, para la conurbación se generaron escenarios de planificación alternativos, normalmente, (como en este caso) uno corresponde a lo “tendencial” (las cosas seguirán sucediendo más o menos como vienen hasta ahora) y el otro de “contraste” (habrá situaciones disruptivas en el futuro). Los planes generados por el Comité se fueron probando en ambos escenarios y los resultados de las corridas guiaron la incorporación y retiro de proyectos hasta encontrar “el plan” que teóricamente sería “inmejorable”<sup>17</sup>. En el cuadro A-1 del anexo se presenta el plan de inversiones que resultó de este proceso.

Al mirar el listado de los 13 proyectos del plan se ve que a pesar de reflejar una visión más o menos “convencional” (no tienen consideraciones explícitas de ecoeficiencia), sus iniciativas en general apuntan al ahorro de tiempo y de recursos, en particular de combustible. Esto tiene un efecto directo en la reducción de emisiones toda vez que al mejorar las velocidades de desplazamiento mejora el rendimiento de los motores y con ello la masa de contaminantes emitidos decrece. En consecuencia, es probable que en el corto plazo, todos ellos (los 13 proyectos), contribuyan a disminuir las emisiones de efecto local y de efecto invernadero.

Sin embargo, desde una perspectiva más estratégica, la reducción de emisiones en el largo plazo está asociada al uso de modos masivos y no motorizados de transporte y por lo tanto planes “enverdecidos” debieran considerar facilidades explícitas, por ejemplo, para la operación de buses y bicicletas, las que no están presentes en el plan vigente, al menos, en magnitud relevante.

En principio, este plan debiera constituir la base de referencia contra la cual comparar uno “enverdecido” y de esta forma estimar los impactos concretos en costos, beneficios y rentabilidad social.

Teniendo en mente el plan mencionado, se realizó un ejercicio de validación y propuesta con los actores regionales, lo que se reporta a continuación.

## **B. Análisis con los actores regionales del plan y perspectivas futuras**

Para abordar esta tarea, CEPAL convoca a un taller de trabajo en La Serena y al que se invita al Intendente, a los dos alcaldes, los Seremis de Transporte, Obras Públicas y Vivienda, los dos Secplac, Director del Serviu, Directores Regionales de Vialidad, Planeamiento y Arquitectura y al Gobierno Regional. Participan además representantes nacionales del MOP y SECTRA y el convocante, CEPAL. La metodología de trabajo considerada fue:

- en primer lugar, un ejercicio libre de imaginación y evaluación sobre el futuro “deseable” para cada ciudad y para la conurbación y los proyectos que contribuirían a materializarlo;
- una vez introducido el propósito de considerar los impactos de planes “enverdecidos” aplicados a la conurbación La Serena-Coquimbo, se explica la determinación de usar la herramienta estándar de análisis y evaluación de proyectos de transporte de SECTRA, la que permite comparar estos planes con versiones convencionales de inversión y extraer conclusiones sobre variaciones de costo, beneficio y rentabilidad social;
- una primera exploración de los espacios de política necesarios para acoger y canalizar el enfoque de ecoeficiencia dentro de la institucionalidad que invierte en infraestructura, de manera que los nuevos criterios y políticas tengan un cauce real para llegar a influir en la toma de decisiones sobre diseño, selección y ejecución de proyectos;
- presentaciones de los organizadores e invitados, partiendo por la puesta en contexto del proyecto CEPAL-ESCAP, los aspectos metodológicos del análisis aplicado a la

---

<sup>17</sup> Los planes que permanecen más o menos invariantes frente a los dos escenarios se consideran “robustos” y adquieren ventaja en el proceso de selección.

conurbación por parte de SECTRA, las características de la consultoría para medir impactos de la ecoeficiencia, el estado de situación del Plan Maestro de Transporte Urbano del año 2002, visiones de los ejecutivos locales respecto del futuro desarrollo urbano y las propuestas de proyectos “enverdecidos” para configurar un nuevo plan.

## 1. Las visiones de desarrollo urbano

Se plantea que Coquimbo y La Serena tienen desarrollos históricos diferenciados y vocaciones distintas, pero complementarias. La Serena con su estilo de vida más tranquilo y Coquimbo con más diversidad cultural, comercio exterior, diversión. Es por esto que los proyectos dirigidos a la conurbación que facilitan las comunicaciones La Serena-Coquimbo, satisfacen las necesidades complementarias de ambas ciudades.

La Serena pone el acento en mantener la calidad de vida de las familias, minimizando la congestión del tránsito, haciendo más controlable el turismo, dotando y manteniendo espacios públicos. La meta es mantener a la conurbación en un estatus de “pueblo chico”. En tal sentido la ciudad no tiene problemas para identificarse con la connotación “apapayada” que se le ha atribuido tradicionalmente en tanto ello significa acentuar el atractivo de la vida tranquila y el turismo de descanso.

Ambas ciudades reconocen que para el nivel de fusión que han alcanzado sus territorios y redes de servicios se requiere un plan de transporte integrado para la conurbación.

Se propone descentralizar servicios públicos y privados proveyendo micro-centros periféricos que permitan reducir viajes o reasignarlos a zonas menos congestionadas, para así aminorar los tiempos de traslado.

Es del interés de la conurbación que el aumento del turismo en verano no signifique un deterioro de la calidad de vida por aumento de la congestión y la contaminación. Se percibe como una amenaza importante la expansión de las ciudades, el aumento de la población y la tendencia al incremento en las emisiones contaminantes, reportada en el mismo taller (Triviño, 2010). Los ejecutivos del sector público coinciden en que esta acelerada tendencia podría poner término a sus más valoradas expectativas y visiones de desarrollo en el mediano plazo.

Se plantea reconocer y valorar la biodiversidad en los diseños de infraestructura respecto de los lugares donde se emplazan las obras, identificando los riesgos ambientales y proveyendo soluciones respetuosas del entorno e integrales, tanto en los aspectos específicos de transporte como de desarrollo urbano.

Crear lineamientos, a través de planes de desarrollo, que permitan generar proyectos con mirada de futuro que puedan adelantarse a los conflictos urbanos, evitando las respuestas reactivas convencionales.

Fortalecer la participación ciudadana para mejorar la calidad y oportunidad de las soluciones así como la identificación de la población con las mismas y el arraigo de las realizaciones en el largo plazo.

## 2. Lineamientos para la selección de proyectos

Los lineamientos planteados para la selección de proyectos que integren un plan “verde” se resumen en:

- propiciar el uso del transporte público entregando las condiciones necesarias de infraestructura y gestión para que esto suceda. Los viajes largos entre La Serena-Coquimbo se deben realizar en buses de buen estándar, dotados de vías exclusivas y en condiciones adecuadas de, iluminación, paraderos, seguridad, entre otros;
- generar áreas “calmas” en los centros de las ciudades, de claro predominio peatonal, mejorando el espacio público, controlando el turismo, proveyendo seguridad e iluminación adecuadas, accesibles en transporte público mediante infraestructura especializada construida en sus bordes;

- gestionar de manera innovadora la capacidad de la infraestructura que conecta la ciudad con el borde de mar, de manera de compensar los desequilibrios que se producen en la época de verano. Al respecto es de opinión generalizada que mantener la circulación de vehículos en la costanera no colabora a la accesibilidad de las playas sino que la limita, contribuyendo a la saturación y caos para todos los movimientos y actividades especialmente peatonales;
- evaluar distintas formas de restricción a la circulación, que involucre autos particulares y transporte público, diferenciando buses y colectivos en distintas vías.

### 3. Conclusiones generales

El enfoque de ecoeficiencia es acogido favorablemente entre los participantes para La Serena y para Coquimbo, por separado y como conurbación, posiblemente por el marcado interés que declaran sus representantes respecto de la preservación del medio ambiente y la vocación de acogida a sus residentes y visitantes.

Ambas ciudades ven su futuro vinculado al turismo, en el caso de Coquimbo enfatizando los aspectos históricos, la entretención y los servicios. En el caso de La Serena privilegiando la quietud y el descanso.

Desde la perspectiva de sus propias vocaciones, ambas ciudades valoran el desarrollo de áreas céntricas protegidas, peatonales, separadas de las interferencias del tráfico, pero a la vez accesibles en transporte público mediante vías periféricas a dichos centros.

Ambas ciudades se identifican con el desarrollo de un sistema de transporte basado en bicicletas, competitivo con los modos motorizados, basado en una red conexas y equipada para la realización de viajes multipropósitos.

Ambas ciudades valoran para la conurbación la realización de todos los desniveles previstos para la Ruta 5 y la implementación de las vías paralelas que permiten mejorar las condiciones de circulación, tanto de los viajes locales como de paso.

Se plantea finalmente mejorar los diseños de las obras para hacerlas más consistentes y respetuosas con el entorno en que se emplazan.

### 4. Proyectos para un plan verde

A partir de estos lineamientos finalmente se realiza un ejercicio abierto de ideas de proyectos que pudieran integrar el llamado Plan Verde. Esta lluvia de ideas se reporta en el recuadro A-1 del anexo. Análisis posteriores sobre la viabilidad financiera de algunas de las iniciativas sugeridas, llevó a la conformación de una propuesta de plan integrado por los siguientes proyectos:

- construcción de una red de ciclovías integrada al sistema de transporte público que permita la realización expedita y segura de todo tipo de viajes comunales y en la conurbación;
- recuperación de los centros de La Serena y Coquimbo para constituir áreas de “calma”, dotadas de los equipamientos adecuados, protegidas de la congestión y vinculadas a la red de transporte mediante anillos periféricos orientados al transporte público en buses;
- desarrollar la costanera del río como eje importante de La Serena, integrante del anillo que rodea el centro de la ciudad y, por lo tanto, parte de los accesos al centro peatonal. Su diseño debe permitir también la integración y rescate de la ribera del río al paisaje de la ciudad y al uso por parte de los habitantes;
- evitar el estacionamiento de vehículos en la vía pública, especialmente en las áreas céntricas o congestionadas, aplicando una política de restricción y control en estas, unida a la implementación de facilidades tarifcadas en los borde de las zonas de atracción;

- habilitar facilidades para la operación del transporte público en buses, especialmente para la conurbación, mediante vías exclusivas en corredores paralelos a la Ruta 5. En particular considerar ajustes al perfil del eje Balmaceda para que pueda operar como corredor de transporte público;
- explorar la incorporación de nuevas tecnologías de transporte público que reduzcan las emisiones, en particular buses híbridos y el uso de nuevos combustibles;
- completar los desniveles programados para Ruta 5, realizar Pedro Pablo Muñoz-Las Garzas, Cisternas, Avenida Alessandri y mejorar cruces con vías férreas.

## VI. Potencialidades de reducción de emisiones

Conocida la naturaleza de los proyectos que integran el plan verde para la conurbación, este Capítulo busca estimar las potencialidades de reducción de emisiones posibles de alcanzar con iniciativas de esta naturaleza y cuál sería el escenario tendencial (sin plan) de producción de contaminantes en cuyo contexto ocurrirían los “ahorros”. Con esto se pretende dimensionar y contrastar la escala en que ambos procesos estarían interactuando y cuál sería el saldo neto.

En otras palabras, se trata de visualizar los tipos de proyectos que tienen mayor potencial de reducción de emisiones que podrían ser considerados en los planes de inversión en infraestructura de transporte, de modo de producir efectos del orden de magnitud de los cambios tendenciales y con ello alcanzar un efecto neto favorable.

### A. Escenario de emisiones: cifras del inventario

Para tener un referente de cómo las ciudades evolucionan en términos de producción de emisiones, se ha recurrido a la información disponible en ciudades que han sido estudiadas por SECTRA y que cuentan con un Plan de Transporte. En estas ciudades se ha utilizado el modelo de cálculos de emisiones vehiculares MODEM para estimar las emisiones de la operación de la Situación Base de tales planes para distintos cortes temporales (MIDEPLAN/SECTRA, 2006).

Estos antecedentes se presentan en el cuadro 1, que incluye la producción de contaminantes de efecto local para los años que se señalan. En el estudio Con la PACIN (Investigación de Instrumentos de Planificación Ambiental para Ciudades Intermedias, etapas I, II y III) se señala la cobertura de contaminantes considerados. Así por ejemplo, el conjunto de ciudades Calama, Copiapó, Talca, Los Ángeles, Temuco y Valdivia, están modeladas (situación base) para los años 2005 y 2010 y los contaminantes obtenidos (PACIN II) son: MP10, MP2.5, CO, NOX, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>. Finalmente, las dos últimas columnas presentan parámetros de actividad del transporte: consumo de combustible y kilómetros recorridos.

La primera impresión que surge de las cifras es que las emisiones presentan en general magnitudes muy relevantes y en tal sentido los ahorros provenientes de opciones verdes tendrían que ser también significativos para que el impacto resultante sea perceptible. Si se observa los grupos PACIN II y PACIN III, cada uno con su grupo de ciudades, se ve que contienen dos modelaciones (2005 y 2010) y por lo tanto es posible comparar y estimar la variación. Hay que recordar que la situación base 2010 incorpora los proyectos ejecutados en los cinco años y actualiza toda la

información socioeconómica y de actividad del transporte de la ciudad necesaria para capturar los cambios. En el cuadro 2 se indican las variaciones porcentuales.

**CUADRO 1**  
**EMISIONES, CONSUMO DE COMBUSTIBLES Y ACTIVIDAD DEL TRANSPORTE**  
**ESTIMADA PARA DIVERSAS CIUDADES Y CORTES TEMPORALES**

Ciudades	PACIN I (años 2000 y 2005)						Consumo de combustible	Km <sup>c</sup> recorridos
	Contaminantes locales (ton/año)							
	MP 10	MP 2,5	CO	NOX	SO2	NH3		
Antofagasta (2005)	74,2	n/r	6 751,2	1 814,2	103,6	28,7	83 480	770 079
La Serena (2000)	55,7	n/r	4 514,4	1 230,3	106,1	12,5	45 512	414 333
Valparaíso (2005)	209,8	n/r	37 033,8	5 839,8	337,6	96,1	266 234	2 621 054
Chillán (2000)	26,2	n/r	3 425,3	602,5	28,1	4,9	23 055	197 282
Osorno (2000)	30,8	n/r	3 478,9	685,3	29,8	6,3	26 306	233 514
Ciudades	PACIN II (año 2005)						Consumo de combustible	Km recorridos
	Contaminantes locales (ton/año)							
	MP 10	MP 2,5	CO	NOX	SO2	NH3		
Calama	13,4	s/r	6 188,9	747,0	140,8	26,0	54 814,0	591 990,0
Copiapó	20,4	s/r	2 316,0	518,0	91,0	12,1	29 486,0	285 662,0
Talca	19,1	s/r	5 186,9	801,0	104,7	14,0	37 292,0	435 425,0
Los Ángeles	11,4	s/r	5 304,0	561,0	87,5	9,2	29 687,0	454 054,0
Temuco	45,9	s/r	5 509,0	1 104,0	175,8	17,3	53 863,0	449 390,0
Valdivia	12,3	s/r	1 884,0	331,0	49,5	6,0	16 644,0	262 458,0
Ciudades	PACIN II (año 2010)						Consumo de combustible	Km recorridos
	Contaminantes locales (ton/año)							
	MP 10	MP 2,5	CO	NOX	SO2	NH3		
Calama	15,2	s/r	6 410,30	834,3	181	33,8	66 965	760 120
Copiapó	17,6	s/r	2 770,30	520,3	124,4	15,9	39 016	367 003
Talca	18,5	s/r	5 273,20	822,8	130,6	18,4	44 368	522 757
Los Ángeles	14,4	s/r	6 765,20	710,8	131	15,4	43 552	680 714
Temuco	43,8	s/r	5 804,60	1 133,70	231,1	21,3	66 572	538 969
Valdivia	10,9	s/r	1 936,80	338,4	62,5	8,4	20 437	334 780
Ciudades	PACIN III (año 2005)						Consumo de combustible	Km recorridos
	Contaminantes locales (ton/año)							
	MP 10	MP 2,5	CO	NOX	SO2	NH3		
Arica	44,7	41,1	2 212,50	708,8	38,5	10,3	29 204	302 841
Iquique	55,3	50,9	8 682,30	1 263,70	74,7	12,3	62 761	602 926
Rancagua	40	36,8	3 064,90	751,3	33	17,4	39 100	388 432
Concepción	266,9	245,6	17 548,60	6 242,20	314,3	71,3	241 382	2 052 103
Puerto Montt	22,9	21	4 422,40	686,3	25,7	9,5	32 167	309 959

(continúa)

Cuadro 1 (conclusión)

Ciudades	PACIN III (año 2010)						Consumo de combustible	Km recorridos
	Contaminantes locales (ton/año)							
	MP 10	MP 2,5	CO	NOX	SO2	NH3		
Arica	31,4	28,9	1 475,9	513,3	2,9	13,3	37 465	362 961
Iquique	79,8	73,4	6 433,2	1 146,5	6,2	15,6	79 363	758 069
Rancagua	39,8	36,6	2 831,8	687,8	3,1	19,6	45 413	447 593
Concepción	346,6	318,9	19 844,4	5 640,9	24,7	111,2	333 103	2 743 835
Puerto Montt	39,9	36,7	3 567,9	576,4	2,7	15,3	39 469	380 187

Ciudades	Inventario de emisiones de la RM (año 2000 y 2005)						Consumo de combustible	Km recorridos
	Contaminantes locales (ton/año)							
	MP 10	MP 2,5	CO	NOX	SO2	NH3		
RM (2000) <sup>b</sup>	1 567,90	1 442,5	178 587,9	36 130,0	1 779,1	803,5	2 194 433	17 648 671
RM (2005) <sup>c</sup>	623,7	573,8	149 990,9	24 181,6	6 983,3	1 032,3	2 136 464	19 632 334

Fuente: MIDEPLAN/SECTRA, 2006.

<sup>a</sup> Las emisiones y el consumo de combustible se expresan en toneladas al año y la distancia recorrida en km/1000 al año.

<sup>b</sup> “Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos de la Región Metropolitana”. Desarrollado por DICTUC para CONAMA RM, 2004.

<sup>c</sup> “Desarrollo de un sistema de actualización automático del inventario de emisiones del sector fuentes móviles en ruta y fuera de ruta, primera y segunda parte”. Desarrollado por CENMA, por encargo de SEMAT-SECTRA, 2002.

## CUADRO 2 VARIACIÓN PORCENTUAL DE EMISIONES ANUALES Y ACTIVIDAD DEL TRANSPORTE EN 11 CIUDADES, 2005-2010

	PACIN	MP 10	MP 2,5	CO	NOX	SO2	NH3	Consumo combustible	Km rec.
Calama	II	13,4	s/r	3,6	11,6	27,7	30,8	22,7	28,4
Copiapó	II	-13,7	s/r	19,6	0,4	36,3	33,3	33,3	28,5
Talca	II	-3,1	s/r	1,7	2,7	24,8	28,6	20,0	20,1
Los Ángeles	II	26,3	s/r	27,6	26,7	48,9	66,6	46,7	49,9
Temuco	II	-4,5	s/r	5,4	2,7	31,2	23,1	22,3	19,9
Valdivia	II	-11,3	s/r	2,8	2,1	26,0	33,3	22,8	27,6
Arica	III	-31	-29,3	33,3	-27,5	-92,5	29,1	28,3	19,8
Iquique	III	44,5	43,1	-25,9	-9,3	-91,7	26,8	22,8	25,7
Rancagua	III	0	0	-7,6	-8,4	-90,4	12,6	16,1	15,2
Concepción	III	30,4	29,7	13,1	-9,6	-92,1	56,0	38,0	33,7
Puerto Montt	III	74,0	76,2	-19,3	-16,0	-89,1	61,0	22,7	22,7

Fuente: Elaboración propia en base a MIDEPLAN/SECTRA, 2006.

A la apreciación anterior sobre la magnitud de las emisiones hay que agregar que los cambios que se observan son muy significativos, la mayoría de ellos al alza y en general directamente asociados al incremento de la actividad del transporte.

Cabe destacar que todas las ciudades presentan signos evidentes de incremento de la actividad del transporte, lo que para un período de solo cinco años son muy elevados: entre un 16 y un 47% para el consumo anual de combustible y entre un 15 y un 50% para los kilómetros anuales recorridos por el

transporte. Sería muy interesante, aún cuando no es objeto de esta consultoría, explorar las causas de estos crecimientos y las diferencias entre ciudades. Explicaciones posibles son el aumento del parque, el aumento del ingreso y además las diferencias de escenarios de crecimiento entre ciudades donde unas son más dinámicas que otras.

Está demostrado que la tasa de viajes de las personas crece siempre con el ingreso, aun cuando los viajes en automóvil no lo hacen linealmente en condiciones de congestión. Tal vez, parte de las diferencias entre ciudades tienen que ver con dicha congestión.

Por otro lado, cambios tecnológicos, por ejemplo, motores más eficientes, pueden reducir las emisiones y habría que analizar si las variaciones negativas tienen algo que ver con aquello, lo mismo que cambios en la calidad de los combustibles. Por último, cambios en los patrones de viajes de las personas o nuevas localizaciones para centros de atracción o generación de viajes podrían estar afectando (en uno u otro sentido), a las cifras de emisiones. En concreto habría que analizar ciudad por ciudad lo ocurrido entre el año 2005 y 2010 para encontrar explicaciones a las variaciones de cada contaminante. Para los efectos de esta consultoría que busca salir al paso de esta tendencia al alza de emisiones a través de planes verdes, es suficiente constatar que el escenario de continuidad en la producción de contaminantes es muy poco auspicioso.

En el cuadro 3 se presentan cifras de emisiones para la conurbación La Serena-Coquimbo, que es el caso que concentra la atención de esta consultoría. Los datos fueron obtenidos en dos cortes temporales (2000 y 2005), donde además de los contaminantes de efecto local están calculados aquellos de efecto invernal. Nuevamente, las magnitudes son muy relevantes y las variaciones también. Destaca el caso del CO que crece 2.4 veces en 5 años. El CO<sub>2</sub>, como se dijo, reportado por primera vez, tiene un incremento del 60.3%, extraordinariamente elevado.

**CUADRO 3**  
**CONURBACIÓN LA SERENA-COQUIMBO: EMISIONES ANUALES, 2000-2005**  
*(En toneladas por año)*

Año simulación	PM10	CO	NOx	HC	CO <sub>2</sub>
Situación base 2000	55,7	4 514,7	1 230,1	768,3	136 326
Situación base 2005	62	10 830,8	2 047,3	1 407,9	218 025
Variación porcentual	11,3	139,9	66,4	83,2	60,3

Fuente: R Triviño, 2010.

Es necesario enfatizar que los importantes incrementos de las emisiones en la conurbación van en directa relación con el nivel de aumento de actividad del transporte (expresado como veh-km/1000 al año), simulado a través de las modelaciones de Vivaldi efectuadas para los cortes 2000 y 2005. Estas modelaciones, dan cuenta de dicho crecimiento de actividad en los cortes temporales y períodos AM y FP, los cuales son recogidas por el modelo MODEM y expandida al año. Los resultados se pueden visualizar en el cuadro 4.

Se observa que el incremento porcentual de los vehículos recorridos entre los años 2000 y 2005 es de un 62% cifra curiosamente similar al incremento de CO<sub>2</sub> ya comentado.

**CUADRO 4**  
**ACTIVIDAD DEL TRANSPORTE POR TIPO DE VEHÍCULO**

Tipo de vehículo	Veh-km/año*1000	Veh-km/año*1000	Incremento %
	2000	2005	
Autos-SW-taxis	177 531	308 776	73,9
Camionetas-jeep-furgón-minibus	104 394	175 597	68,2
Taxis colectivos	42 217	42 185	-0,1
Taxi buses-buses	42 141	85 084	101,9
Camiones	45 363	58 149	28,2
Motos	2 687	3 347	24,6
Total	14 333	673 138	62,5

Fuente: R Triviño, 2010.

## B. Impacto de proyectos (o medidas) en emisiones

Para dimensionar la magnitud de las cifras de reducción de contaminantes que se obtienen con la aplicación de proyectos o medidas verdes en comparación con las variaciones descritas anteriormente, se consideran tres casos:

### 1. Aplicación de restricción vehicular en la conurbación Temuco-Padre Las Casas

Se trata de la aplicación de una restricción vehicular de 2dos dígitos a cuatro alternativas de agrupamiento de modos de transporte:

- ESC1: restricción vehicular taxis colectivos;
- ESC2: ESC1 + restricción vehicular buses;
- ESC3: ESC2 + restricción vehicular autos s/c.;
- ESC4: ESC3 + restricción vehicular autos.

La primera (ESC1) consiste en aplicar la restricción a los taxis colectivos y las siguientes progresivamente incorporan otros modos hasta cubrir el total del parque (ESC4). Se modela cada una con MODEM y se compara con la alternativa base modelada. De esta manera se obtiene el aporte neto de la medida (el resto de los aportes se cancelan). Los resultados se presentan en el cuadro 5.

Si se observan las cifras de cada contaminante, se ve que las reducciones en ton/año para cada alternativa de restricción son consistentes con la tecnología de los vehículos que dejan de operar en cada caso. Por ejemplo, el salto en PM10 entre ESC1 y ESC2 es muy grande en ahorro, porque dejan de circular un % buses cuyos motores diesel son contribuyentes mayores de este contaminante. Lo mismo puede señalarse respecto de los NOX.

Para contrastar los ahorros con las magnitudes de emisiones producidas por el sistema completo de transporte y su evolución, se considera la restricción más eficaz en reducción de emisiones (ESC4), la que se presenta en el cuadro 6.

**CUADRO 5**  
**REDUCCIONES DE CONTAMINANTES RESPECTO A LA SITUACIÓN BASE**  
*(En toneladas por año)*

Contaminantes	ESC1	ESC2	ESC3	ESC4
PM <sub>10</sub>	1	7,5	8,7	10,4
CO /10	7,7	10,8	56	62,4
HC	9,8	20,7	67	65,9
NO <sub>x</sub>	15,2	133,8	167,5	201,4
SO <sub>2</sub>	0,6	2,4	7,6	30
CO <sub>2</sub> /100	52	129	152	239

Fuente: R Triviño, 2010.

**CUADRO 6**  
**IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS AHORROS DE EMISIONES**

	Ahorro por medida ESC4 (Ton/año)	Producción 2005 (Ton/año, %)	Producción 2010 (Ton/año, %)	Diferencia producción
PM10	10,4	45,9 -22,6	43,8 (23,7)	-2,1
CO/10	62,4	550,1 (11,3)	580,1 (10,7)	30
HC	65,9	-	-	-
NOX	201,4	1104,0 (18,, 2)	1133,7 (17,8)	29,7
SO2	30,0	175,8 (17,1)	231,1 (12,9)	58,3
CO/100	239	-	-	-

Fuente: Sobre la base de R Triviño, 2010.

Las cifras muestran los ahorros derivados de implementar ESC4 comparados con la producción anual tendencial. Se observa que dichos ahorros son relevantes y oscilan entre un 10 y un 24% de la producción de emisiones del sistema para cada contaminante (ver valores entre paréntesis).

Al tenor del comentario expresado en el punto VI.A (“...es suficiente constatar que el escenario de continuidad en la producción de contaminantes es muy poco auspicioso”), estos porcentajes de reducción son una muy buena noticia.

### **a) Cambio en calidad de combustibles en Calama**

Se trata de considerar el impacto del cambio de un combustible diesel de 500 ppmS de azufre en la situación base del 2005 a uno de 50 ppmS en el mismo año.

La reducción de emisiones en toneladas por año es: 1,89 (PM10), 4,38 (CO), 4,9 (NO<sub>x</sub>) y 1,31 (HC) y los porcentajes figuran en el cuadro 7. A diferencia del caso de restricción vehicular en Temuco-Padre Las Casas, en este las reducciones son menos relevantes respecto del total de emisiones producidas por el sistema de transporte urbano.

**CUADRO 7**  
**AHORROS DE EMISIONES ASOCIADO A MEJORAS EN COMBUSTIBLE**  
*(En toneladas por año)*

Escenarios	PM10	CO	NOx	HC
Situación base 2005	20,06	6 253,2	917,23	502,9
Situación proyecto 2005	18,17	6 248,82	922,13	501,59
Cambios (%)	-9,40	-0,10	0,50	-0,30

Fuente: R Triviño, 2010.

## b) Implementación proyecto Transantiago

A diferencia de los dos casos anteriores, Transantiago se trata de una intervención real efectuada en Santiago y por lo tanto el análisis realizado tiene el formato de una evaluación ex-post en este mismo estudio.

Desde la perspectiva de medir rendimiento en reducción de emisiones, Transantiago constituye un proyecto especial que contiene diversas intervenciones que individualmente, cual más, cual menos, suelen asociarse a menor emisión. Inversiones o medidas tales como: corredores para buses, ajuste de frecuencias (y flotas), normas tecnológicas, estructura jerárquica de servicios, integración física y tarifaria, entre otros, se vinculan con reducción de la congestión, ahorro de recursos (flotas, consumos), y mayor velocidad, entre las más relevantes.

Esta conjunción de probables efectos positivos ya parecía ser un buen argumento para seleccionar Transantiago como caso de análisis. No obstante existía la sospecha de que la reforma global podría generar cambios en la estructuración de los viajes y en los esquemas de operación de los servicios que podrían constituir nuevas fuentes de ahorros de recursos, más allá de la suma de los anteriores. De esta manera se llegó a plantear la hipótesis de que el conjunto de modificaciones descritas podría otorgar a estas reformas generales un potencial particularmente significativo de abatimiento de emisiones de efecto invernadero.

La puesta en marcha de Transantiago se inicia en el 2007 provocando un severo trastorno a la movilidad de las personas, habida cuenta (entre otros problemas) del desajuste inicial entre oferta y demanda de transporte. Esta situación evoluciona en el tiempo con la aplicación de diversos cambios que conducen finalmente a un nuevo equilibrio. El análisis ex post considera el 2010 como situación “con proyecto” y la compara con la anterior a la puesta en marcha.

Las intervenciones de Transantiago se pueden resumir en:

- estructuración de los servicios en troncales, incluyendo al Metro y servicios alimentadores;
- disminución de la flota de buses de 8.400 a 6.140;
- construcción de 60 km de corredores (vías) especiales para buses;
- instalación de más de 8.000 paraderos;
- integración tarifaria y medio único de pago electrónico;
- transformación de la estructura productiva de los operadores, desde organizaciones gremiales a empresas.

Los resultados principales obtenidos al 2010 son:

- la velocidad promedio de la red sube de 18,9 a 20,9 km/h en la hora punta de la mañana y de 21,5 a 23,0 km/h fuera de la hora punta;

- los beneficios anuales por ahorro de tiempo ascienden a MM\$ 194.304 y por ahorro de emisiones alcanzan a MM\$ 18.815. El sistema recibe un subsidio estatal permanente de magnitud inferior a los ahorros de tiempo;
- el proyecto de transporte (sin beneficios ambientales) tiene un TIR de 29,45%;
- si se consideran los beneficios ambientales este TIR crece a 21,23%;
- la reorganización de la industria reduce la informalidad, los accidentes de tránsito y los asaltos a los conductores.

De los resultados se desprenden las siguientes conclusiones que son de interés de este estudio:

- se confirma que: i) la existencia de beneficios importantes en reducción de emisiones como resultado de la reforma global; y ii) estos beneficios pueden no ocurrir al costo de aminorar la calidad del servicio de transporte, sino por el contrario, se producen simultáneamente con beneficios para el transporte, siendo incluso éstos mucho mayores que los primeros;
- 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. Se observa además que los beneficios sociales estimados son prácticamente el doble del subsidio permanente que recibe;
- 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 física en el período, modifica sustancialmente su partición modal y su rol en el sistema de transporte.

## C. Ajustes al plan de transporte

Los ejemplos considerados entregan, para tres tipos de intervenciones, información del orden de magnitud de los impactos en reducción de emisiones respecto del crecimiento tendencial de la contaminación en las respectivas ciudades y se puede concluir que las cifras de disminución son relevantes y alentadoras. Estas intervenciones dan cuenta de la importante potencialidad de reducción asociada a medidas “blandas” que no incluyen cambios físicos. Aun cuando Transantiago sí los incluye, el análisis específico de dicha experiencia confirma que las principales fuentes de beneficios provienen de la integración tarifaria y del cambio en la organización de la industria, ambas relacionadas con la gestión del sistema.

A la luz de los resultados presentados y en la escala que corresponde a la conurbación, correspondería reponer dentro del plan verde dos medidas surgidas dentro del proceso de planificación reportado y que no habían sido priorizadas:

- implementar restricción vehicular para el conjunto de modos que genere mayor impacto en reducción de emisiones;
- explorar la incorporación de nuevas tecnologías de transporte público que reduzcan las emisiones, en particular buses híbridos y el uso de nuevos combustibles.

Queda pendiente explorar el impacto de proyectos de infraestructura más convencionales, del tipo ampliaciones de vías y rediseño intersecciones, los que figuran también dentro del listado de

recomendaciones (plan verde) planteadas por los actores regionales de la conurbación La Serena-Coquimbo, con el objeto de visualizar el efecto global de un plan verde en la perspectiva de las “estrategias y medidas para el desarrollo de infraestructura de transporte urbano basada en principios de ecoeficiencia”. Este análisis requiere de modelaciones adicionales a las efectuadas por SECTRA.

## **D. Consideraciones preliminares sobre institucionalidad para la implementación de los cambios**

El tema institucional tiene especial importancia desde la perspectiva de la formulación de los planes, cuando se quieren concebir soluciones de manera articulada e integral. En Chile existe una buena base técnica para el desarrollo de estas funciones pero no se dispone de institucionalidad formal que asegure la implementación de las mismas sin interferencias de orden político.

El ejercicio de planificación realizado en La Serena-Coquimbo muestra que el comité de uso de suelos y proyectos es una instancia reconocida y valorada para efectos de la planificación del sistema de transporte. Esta condición se extiende incluso a la etapa de ejecución donde existe otra instancia denominada Unidad de Coordinación de Vialidad Urbana (UCVU) que opera a iniciativa de MIDEPLAN para ordenar la asignación de recursos de inversión y monitorear los avances en la ejecución. Esta institucionalidad se ha desarrollado a iniciativa de SECTRA y si bien no tiene presencia formal-legal, sus efectos en la elaboración e implementación de planes de transporte urbano han sido extraordinariamente positivos.

En consecuencia, si bien el sector transporte tiene una institucionalidad formal fragmentada y débil para el ejercicio de una visión y gestión integral del sistema, los “segundos óptimos” implementados a través de SECTRA han permitido contrarrestar buena parte de las dificultades aludidas. Si a los procesos y problemas normales de la planificación de transporte urbano se agregan ahora los requerimientos asociados a la ecoeficiencia, es evidente que se necesita un esfuerzo adicional para dar cabida a los nuevos criterios y políticas.

En el marco del Sistema Nacional de Inversiones se establece un conjunto de criterios, metodologías y precios que condicionan la evaluación económica y la toma de decisión de inversión respecto de proyectos de transporte. En particular, MIDEPLAN fija dichos criterios, los precios sociales, las tasas de corte y autoriza las inversiones que exceden cierta magnitud<sup>18</sup>. Si se consideran las externalidades de transporte, aparecen muchas instituciones con responsabilidades normativas y regulatorias, el Ministerio del Medio Ambiente, fija normas y planes de descontaminación; SECTRA que desarrolla y opera los sistemas de análisis y planificación de transporte; MINTRATEL, fija políticas de transporte y normas sobre control de externalidades en vehículos; el MOP y el Ministerio de Vivienda, ejecutan las obras de infraestructura, y las municipalidades e Intendencias hacen lo propio en ámbitos locales y específicos.

El problema de fondo no es la separación de funciones, más aún, existen muy buenas razones para considerar que aquellas asociadas a las distintas etapas del proceso de inversión (planificación, diseño, ejecución, mantenimiento), deben radicarse en instituciones distintas. Sin embargo la dualidad de funciones: distintas instituciones planificando el mismo territorio o la fragmentación de funciones: distintas instituciones abordando descoordinadamente porciones del diseño de un mismo plan o proyecto, constituyen parte de las debilidades institucionales que conspiran directamente contra la calidad y oportunidad de las soluciones. Esta realidad no puede ser ignorada al momento de explorar la identificación de nichos y cauces para la introducción de las nuevas políticas y criterios. En tal sentido se requiere de un análisis más profundo que, a partir de los proyectos o medidas seleccionados, dé cuenta de las limitaciones y oportunidades de la institucionalidad vigente y de los ajustes que sería necesario materializar para los fines descritos.

---

<sup>18</sup> Los proyectos estratégicos en general exceden dicha magnitud y por lo tanto deben disponer del RS de MIDEPLAN para ser ejecutados.



## VII. Conclusiones y recomendaciones respecto del ejercicio de planificación

El presente ejercicio se inicia con una fase exploratoria de capacidades existentes en Chile para analizar la implementación de proyectos y medidas bajos en carbono y de esta forma aportar una perspectiva concreta de trabajo que permita finalmente inducir cambios en la realidad. Los “hallazgos” principales de esta etapa son las siguientes.

- el “hallazgo” de la metodología de SECTRA, en su aspecto técnico (con Vivaldi y MODEM), es altamente funcional al objeto del análisis ya que permite predecir los cambios en el sistema de transporte internalizando aspectos de emisiones lo que vincula con la producción de indicadores de ecoeficiencia. En consecuencia, es posible incorporar al análisis variables económicas, sociales y ambientales constituyendo una herramienta robusta e integral;
- SECTRA cuenta con un equipo técnico con experiencia y calificación, apto para innovar en la formulación de planes de transporte. Dispone de información base confiable y detallada que permite alimentar adecuadamente los procesos de formulación y evaluación de planes de transporte orientados a la reducción emisiones;
- las herramientas técnicas juegan un rol en la cuantificación de efectos, pero la visión de desarrollo urbano, y los proyectos son generados por los actores relevantes, lo que permite generar un proceso retroalimentado que contribuye a producir arraigo local y calidad en las decisiones finales de inversión;
- este desarrollo ha sido posible en gran medida porque SECTRA, dentro sistema nacional de inversiones aplicado a transporte, ha podido desarrollar e implementar y validar técnicamente una visión y metodología integrada para el sector transporte, en condiciones de influir en las decisiones de las entidades ejecutoras de los proyectos, con respaldo institucional de MIDEPLAN. Esta identidad es lo que explica por ejemplo, que se haya podido desarrollar MODEM como iniciativa propia;
- SECTRA representa un avance institucional importante en el sentido de abordar integralmente la formulación de planes de transporte en un contexto de dispersión de funciones para la toma de decisiones de inversión. Sin embargo esta institucionalidad es precaria e incompleta ya que no dispone de un marco legal apropiado y vinculante;

- el análisis sectorial deja en claro que las respuestas institucionales a los problemas de contaminación del aire han sido reactivas a situaciones ya declaradas y no proactivas en el sentido de prevenir efectos negativos en las personas. El enfoque materia de esta consultoría abre la posibilidad de revisar esta práctica al integrar dentro de procesos de planificación de transporte urbano la dimensión de ecoeficiencia;
- el ejercicio de planificación realizado en la conurbación La Serena-Coquimbo reafirma los hallazgos mencionados y reporta el alto interés local por liderar el desarrollo de sus ciudades en un contexto de preservación del medio ambiente y de aplicación de soluciones bajas en carbono.

Los efectos de la aplicación de medidas potencialmente bajas en carbono han sido analizados en referencia a ciudades comparables. Al respecto se puede concluir:

- las cifras de emisiones originadas en los sistemas de transporte modelados son relevantes y crecientes;
- estas cifras se ven altamente correlacionadas con la actividad del transporte y su crecimiento. Esto se aprecia al alza, cuando el consumo de combustible y los km recorridos aumentan en un determinado período y a la baja cuando se aplica restricción vehicular severa, lo que resulta altamente consistente;
- afortunadamente, las medidas monitoreadas presentan reducciones de emisión significativas, en la misma escala del incremento tendencial, lo que permite esperar respuestas eficaces en torno a la aplicación sistemática de las intervenciones exploradas con motivo de este consultoría.

A la luz de lo expuesto las recomendaciones principales del presente estudio son:

- fortalecer la institucionalidad de SECTRA para que pueda continuar con el desarrollo de herramientas y procesos de planificación de transporte urbano y, consecuentemente, con la habilitación de cauces para la implementación de proyectos y medidas bajas en carbono;
- en particular fortalecer los mecanismos creados en las 29 ciudades que disponen de planes de transporte urbano;
- afinar el análisis de impacto de planes verdes, realizados o por realizar, aplicando las herramientas seleccionadas a dos ciudades de la región;
- en la línea de la implementación de los proyectos y medidas bajas en carbono que resulten relevantes, profundizar el análisis de la institucionalidad vigente y de los cambios que sería necesario realizar.

## A. Recomendaciones finales

El presente estudio explora oportunidades para introducir prácticas ecoeficientes en la provisión de infraestructura, enfocando su análisis en los impactos ligados a emisiones vinculados al transporte urbano. En la primera parte analiza las actividades que realiza el sector público con el fin de establecer una suerte de “línea base” y desde ahí esbozar posibles estrategias para alcanzar el objetivo mencionado. En la segunda parte analiza procesos e instrumentos técnicos para medir impacto en emisiones asociado a la provisión de infraestructura, realizando un ejercicio de planificación aplicado a la conurbación La Serena-Coquimbo.

Este enfoque general-institucional y particular-técnico tiene como objetivo final producir un conjunto de recomendaciones a los tomadores de decisión en la forma de planes-estrategias que contribuyan eficazmente a introducir el concepto de ecoeficiencia en las prácticas de inversión. Estas recomendaciones son:

- i) En primer lugar, los análisis técnicos señalan que los principales beneficios por reducción de emisiones surgen de intervenciones que no necesariamente conllevan elementos de infraestructura sino que a través de medidas de gestión globales o específicas aplicadas a sistemas de transporte urbano. En este sentido es recomendable ampliar la mirada sobre los instrumentos a utilizar, aún cuando ello signifique una dificultad respecto de la institucionalidad a escoger para canalizarlos en la etapa de ejecución. En relación con lo anterior hay que considerar también que la infraestructura por sí sola no da cuenta de los impactos que ocurren en materia ambiental si no que son los servicios que presta (junto a otros componentes como los vehículos y los sistemas de operación en el caso del transporte) los que modifican sus prestaciones y externalidades cuando se realizan intervenciones de propósito ecoeficiente. La recomendación que surge entonces es desarrollar-fortalecer la institucionalidad para que el diseño y la evaluación, (la planificación en general), de intervenciones de propósito ecoeficiente, se realice atendiendo a la condición de sistema (infraestructura, modos, esquemas de operación), con que se prestan los servicios a la comunidad y en tal sentido se sugiere como estrategia apoyar los planes de SECTRA y su institucionalidad.
- ii) Desafortunadamente las intervenciones concebidas a nivel de sistema o servicio no tienen un correlato adecuado en la institucionalidad necesaria para invertir. En este sentido, el caso de Transantiago constituye un ejemplo dramático de cómo un proyecto concebido para ahorrar recursos y emisiones es puesto en marcha en un escenario de completo desorden operacional sin que fuera posible determinar la institución que debía asumir la responsabilidad por el problema y su solución. Esto pone en evidencia que la necesidad de gestión integrada y sistémica no corresponde solo a la etapa de planificación sino también a la ejecución. En tal sentido, se recomienda impulsar la conformación de sistemas de gobierno para el transporte urbano de ciudades metropolitanas que permitan ejercer la representación de interés ciudadano en la administración de sus redes de transporte y la posibilidad de ejercer dicha administración con un enfoque de sistema de transporte, con el debido soporte técnico, en todas las etapas del proceso de inversión.
- iii) Teniendo en consideración que el concepto de ecoeficiencia no tiene en la actualidad presencia relevante en el sector público que invierte en infraestructura, se recomienda como estrategia iniciar a través de CEPAL el desarrollo un conjunto de casos de demostración que puedan ser exhibidos a los tomadores de decisión como ejemplo de los beneficios y riesgos asociados a la adopción de políticas de tal naturaleza. Tales casos debieran tomar las situaciones analizadas en el presente estudio, complementarlas con aspectos adicionales al análisis de emisiones, agregar nuevos proyectos e intervenciones y estructurar sus resultados de manera de ilustrar claramente a las autoridades sobre lo que gana y pierde la institución con hacerse parte de este propósito. Se considera que una campaña de persuasión a los tomadores de decisión sobre la base de ejemplos fundados y comprensibles debiera ser la antesala de una estrategia “institucional” como se describe en el punto III.F.
- iv) Se recomienda explorar a través de un estudio, la búsqueda de nuevos modelos de negocio en los que la ecoeficiencia constituya un valor transable que incentive la inversión y las expectativas por alcanzar nuevos estándares en materia de uso de recursos y reducción de emisiones.
- v) Como las cifras de emisiones se ven altamente correlacionadas con la actividad del transporte y ésta crece con la economía, medidas de restricción al uso de vehículos, partiendo por los mas ineficientes, además de reformas globales a los sistemas de transporte público, según se ha visto, presentan resultados atractivos y debieran por lo tanto integrar las políticas y las agendas de los gobiernos de la región. En particular se recomienda evaluar sistemas de metro integrados con buses urbanos y estimular el cambio en la organización productiva de los servicios de transporte.



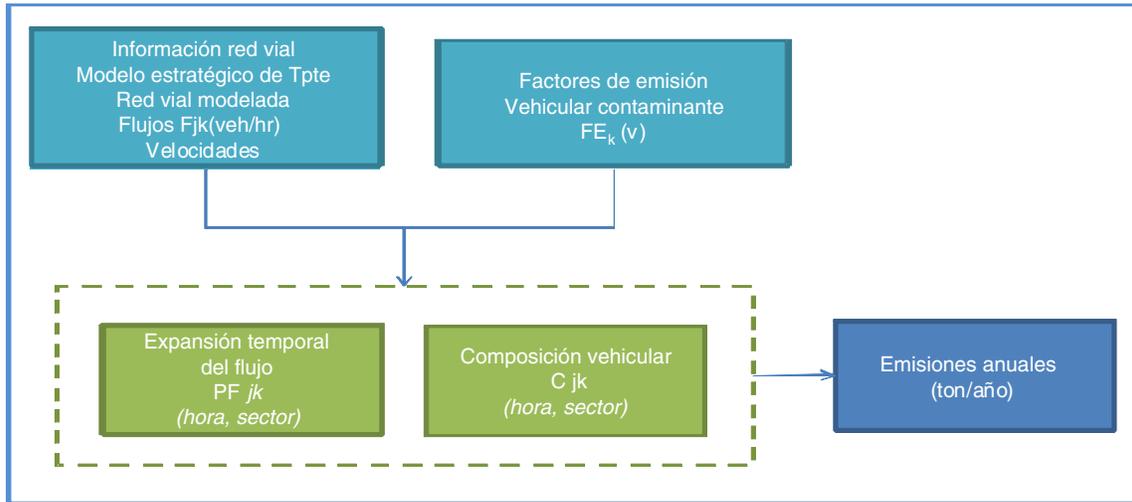
## Bibliografía

- Bitrán, R. (2007) “Transport Infrastructure Concessions: Chilean Experience”, Ministerio de Obras Públicas (MOP), Santiago.
- Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) (2005), “Chile: ciudades, pueblos, aldeas y caseríos”, junio.
- Millán, G. (2008), “Estudio asesorías de contratos y consultorías de obras públicas”, Ministerio de Obras Públicas (MOP), Santiago, febrero.
- Ministerio de Planificación y Cooperación/Secretaría de Planificación de Transporte (MIDEPLAN/SECTRA) (2006), “Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, etapa III - PACIN III”, Santiago, Chile, diciembre.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP) (2009), “Ecoeficiencia energética y desarrollo de infraestructura urbana sostenible”, Dirección de Planeamiento.
- SUROESTE Consultores (2000), “Diagnóstico del sistema de transporte urbano de la conurbación La Serena - Coquimbo, Etapa I”, Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA).
- Triviño, R. (2010), “Herramientas de análisis ambiental para planes o proyectos de transporte”, Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), julio.



## **Anexo**

**GRÁFICO A-1**  
**CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONALIDADES DE MODEM Y MODEC<sup>a</sup>**



Fuente: Triviño, R. Herramientas de análisis ambiental para planes o proyectos de transporte, La Serena, SECTRA, julio de 2010.

<sup>a</sup> Los cálculos que realiza MODEM requieren la interacción con algún modelo estratégico de transporte para que estos proporcionen las simulaciones de tráfico de la ciudad analizada. Los modelos de transporte ESTRASUS, VIVALDI, SATURN, EMM2, etc., son ejemplos de modelos compatibles con MODEM.

**GRÁFICO A-2**  
**SECUENCIA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE PROYECTOS DE TRANSPORTE**

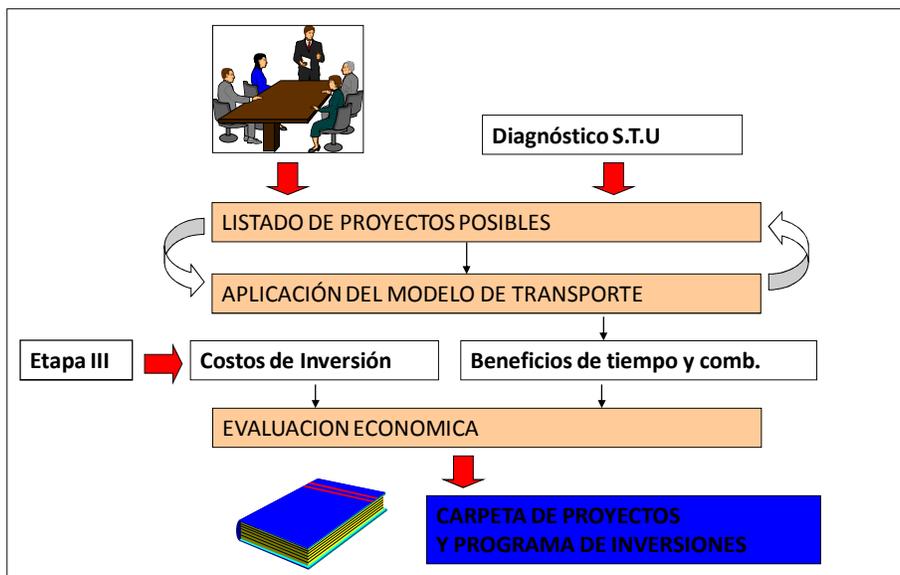


Fuente: Triviño, R. Herramientas de análisis ambiental para planes o proyectos de transporte, La Serena, SECTRA, julio de 2010.

**GRÁFICO A-3  
FUNCIONAMIENTO COMITÉ DE USO DE SUELOS Y PROYECTOS**



**Formulación de Proyectos**



Fuente: R. Triviño, 2010.

**CUADRO A-1**  
**PLAN DE INVERSIONES, 2002**  
*(M\$ de diciembre de 2000)*

Nº de proyecto	Descripción del proyecto	Valor privado	Valor social
11	Av. Alessandri – Guacolda	2 197	1 689
12	Suecia – Portugal .- Salvador Allende	515	380
13	Interconexión Sur: Centro, Llano, Sindempart	1 359	1 108
19	Mejoramiento Av. Costanera	843	616
24	Camino La Cantera	2 811	2 129
33	Juan Cisternas, Torres, Acceso Oriente, Coquimbo	9 783	7 684
41	Benavente – San Joaquín	470	345
42	Pedro Pablo Muñoz	829	617
43	Costanera Sur Río Elqui	4 205	3 185
49	Cuatro Esquinas	2 508	1 971
50	Par Nicaragua – México y Av. Alemana	4 220	3 207
54	Camino El Islón	1 919	1 462
55	Baquedano	1 296	1 001
		32 955	25 394

Fuente: SUROESTE Consultores, 2000.

**CUADRO A-2**  
**INSTITUCIONES INTEGRANTES DEL COMITÉ DE USO DE SUELO<sup>a</sup>, 2002**

Cargo	Institución
Dirección de Vialidad (representante)	Ministerio de Obras Públicas
Secretario Regional Ministerial	Ministerio de Vivienda y Urbanismo, IV Región
Secretario Regional Ministerial	MIDEPLAN, IV Región
Secretario Regional Ministerial	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, IV Región
Secretario Regional Ministerial	Ministerio de Bienes Nacionales, IV Región
Secretario Regional Ministerial	Ministerio de Educación, IV Región
Secretario Regional Ministerial	Ministerio de Salud, IV Región
Secretario Regional Ministerial	Ministerio de Agricultura, IV Región
Director Regional	Serviu, IV Región
Director Regional de Vialidad	Ministerio de Obras Públicas, IV Región
Director Regional de Planeamiento	Ministerio Obras Públicas, IV Región
Jefe Unidad Desarrollo Urbano	Ministerio de Vivienda y Urbanismo, IV Región
Departamento de Desarrollo Urbano	Ministerio de Vivienda y Urbanismo, IV Región
Analista Inversiones	SERPLAC, IV Región
Director de Tránsito	I. Municipalidad de La Serena
Director de Obras	I. Municipalidad de La Serena
Director de Secplac	I. Municipalidad de Coquimbo
Director de Tránsito	I. Municipalidad de Coquimbo
Gerente General	Empresa Portuaria Coquimbo

(continúa)

Cuadro A-2 (conclusión)

Cargo	Institución
Director	SERNATUR
Director	Colegio de Arquitectos
Directora Escuela de Arquitectura	Universidad de La Serena
Director	Cámara Chilena de la Construcción
SECTRA, Área Norte	MIDEPLAN
Suroeste Consultores Ltda.	Consultor a cargo del estudio

Fuente: SUROESTE Consultores, 2000.

<sup>a</sup> Este Comité tuvo la labor de orientar al consultor en la definición de los distintos escenarios de desarrollo urbano, ya que posee el conocimiento de iniciativas oficiales y particulares relacionadas con planes reguladores, incentivos impositivos, planes de inversión inmobiliarios, potencial de crecimiento industrial y de servicios, entre otros. Además, manejan y/o tienen la información de la experiencia histórica de las evoluciones de la ciudad.

**RECUADRO A-1**  
**RESUMEN DE PROPUESTAS DE PROYECTOS Y MEDIDAS DE GESTIÓN**  
**PLANTEADAS POR LOS PARTICIPANTES DEL TALLER (LLUVIA DE IDEAS)**

- Evaluar una red de ciclovías integrada al sistema de transporte público que permita la realización expedita y segura de todo tipo de viajes comunales y en la conurbación.
- Apoyar la realización de los proyectos de rescate de espacio para los peatones de los centros de La Serena y Coquimbo, generando los equipamientos adecuados y garantizando la accesibilidad mediante buses operando en la periferia.
- Apoyar la realización de la costanera del río como solución de acceso al centro peatonal y a la vez como la oportunidad de abrir y rescatar la ribera del río al paisaje de la ciudad y a su uso por parte de sus habitantes.
- Propiciar una política de encarecimiento de los estacionamientos, eliminando aquellos que operan en la vía pública y proveyendo soluciones tarifcadas en los borde de las zonas de atracción.
- Analizar soluciones de tranvía que permitan atender las necesidades regulares de desplazamiento en las ciudades<sup>a</sup> y aquellas de carácter turístico que se acentúan durante el verano. Evaluar operación de tren liviano sobre faja ferroviaria existente y la implementación de un teleférico.
- Estimular el transporte público en buses, especialmente para la conurbación mediante vías exclusivas en corredores paralelos a la Ruta 5. En particular considerar la transformación del eje Balmaceda en un corredor de transporte público.
- Explorar la incorporación de transporte público híbrido y el uso de nuevos combustibles.
- Completar los desniveles programados para Ruta 5, realizar Pedro Pablo Muñoz-Las Garzas, Cisternas, Av. Alessandri y mejorar cruces con vías férreas.
- Analizar un nuevo diseño de by pass de la Ruta 5 a la conurbación, que tome en cuenta los desarrollos ocurridos en la última década y prevenga, con una mirada de largo plazo, posibles colapsos en la vialidad y el medio ambiente.
- Analizar el impacto sobre la vialidad principal que tendría la relocalización de los dos puertos existentes en Coquimbo.

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Por ejemplo, una mejor integración del sector de Las Compañías con la ciudad.