

Elementos de visiones sectoriales para un futuro bajo en carbono

Sector Movilidad y Ciudad - Subsector Transporte

Fecha: Marzo 2016

Cita sugerida: Benavides, C., 2016. Elementos de visiones sectoriales para un futuro bajo en carbono. Sector Movilidad y Ciudad - Subsector Transporte. MAPS Chile. Ministerio del Medio Ambiente y Gobierno de Chile, Santiago, Chile.

ADVERTENCIA: La responsabilidad principal de los contenidos de este documento es del equipo profesional de MAPS Chile. No obstante lo anterior, gran parte de los temas abordados han sido analizados gracias a la activa participación de diversos actores relevantes. El Grupo de Construcción de Visión, así como los Paneles de Expertos, y el Comité Directivo del proyecto, han tenido la oportunidad de revisar estos contenidos y, en caso de discrepancias, éstas son descritas en las secciones correspondientes.

MAPS Chile

Opciones de mitigación del cambio climático para un desarrollo bajo en carbono

2011-2015

El proyecto MAPS Chile

MAPS es un acrónimo en inglés que quiere decir *Mitigation Action Plans and Scenarios*. El proyecto tiene su origen en Sudáfrica, en una iniciativa de investigación y participación de múltiples actores que investigó escenarios posibles para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) entre 2005 y 2008 y que se llamó LTMS, *Long Term Mitigation Scenarios*. Se han desarrollado proyecto MAPS en Brasil, Colombia, Perú y Chile; son iniciativas similares que cuentan con el apoyo técnico de Sudáfrica. MAPS ha buscado generar la mejor evidencia posible para informar la toma de decisiones sobre la mitigación del cambio climático y el desarrollo bajo en carbono en cada país. En particular, los proyectos MAPS han identificado y estudiado trayectorias probables -con distintos niveles de esfuerzo de mitigación-, analizado sus posibles consecuencias, y socializado esta información con actores clave. Estas iniciativas han contribuido significativamente a los respectivos países en sus procesos de negociación internacional, al amparo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, por su sigla en inglés).

MAPS Chile comenzó a fines de 2011, obedeciendo un mandato de seis ministros de Estado que requerían que el proyecto estudiara y entregara las mejores opciones que tiene el país para la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

El proyecto ha ocurrido en tres fases. La primera, terminada a mediados de 2012, desarrolló la Línea Base de emisiones de GEI 2007-2030 (es decir, una proyección de la economía chilena situada en el año 2006 sin considerar esfuerzos para reducir emisiones de GEI, pero incluyendo la evolución tecnológica natural de los sectores económicos) y estudió además posibles trayectorias de las futuras emisiones de GEI del país que cumplan con las recomendaciones científicas que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) hace para el mundo. A esto último se le llamó "dominio requerido por la ciencia".

La segunda fase, terminada a fines de 2014, ha incluido: la Línea Base de emisiones de GEI 2013-2030, un conjunto de cerca de 100 medidas de mitigación, 9 escenarios de mitigación -como empaquetamiento de medidas específicas de mitigación-, junto a un análisis de los efectos macroeconómicos asociados a los distintos escenarios.

La tercera y última fase de MAPS Chile ha incluido, entre otros productos, una revisión y refinamiento de los resultados obtenidos en la segunda fase, una estimación de los co-impactos asociados a las principales medidas de mitigación, y un análisis de los posibles enfoques y medidas de mitigación para el largo plazo (2030-2050). Todos los resultados de MAPS Chile están disponibles en el sitio web del proyecto.

La dirección del proyecto ha estado en manos de un Comité Directivo interministerial, en el cual han participado representantes de siete ministerios del país: Relaciones Exteriores, Hacienda, Agricultura, Minería, Transporte y Telecomunicaciones, Energía y Medio Ambiente. Desde su inicio, el proyecto convocó a un Grupo de Construcción de Escenarios (en la Fase 3 este grupo se designó Grupo de Construcción de Visión), instancia en la cual han trabajado continua y voluntariamente más de 60 personas de los sectores público, privado, académico y de la sociedad civil. Adicionalmente, más de 200 personas han sido parte de reuniones sectoriales de Grupos Técnicos de Trabajo. Con todo, se estima que más de 300 personas, incluyendo a los diversos equipos consultores de universidades y prestigiosas instituciones del país, han participado activamente en MAPS Chile. El financiamiento para la realización de MAPS Chile ha provenido de Children Investment Fund Foundation (CIFF), la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), los gobiernos de Suiza, Dinamarca y Chile, y ha totalizado cerca de 4 millones de dólares para los más de 4 años de trabajo.

Índice de Contenidos

Resumen de principales reflexiones	8
1. Introducción	10
1.1 Motivación	10
1.2 Diferencias con respecto a lo realizado en la Fase 2 del proyecto MAPS Chile	11
1.3 Estructura de este documento.....	12
2. Elementos de visión para un desarrollo bajo en carbono.....	13
2.1 Descripción.....	13
2.1.1 Evitar	13
2.1.2 Cambiar	13
2.1.3 Mejorar.....	14
2.1.4 Elementos transversales	14
2.1.5 Resumen de elementos de visión abordados aplicados a una ciudad.....	15
2.1.6 Elementos de visión asociadas al transporte de carga	16
2.2 Coherencia con otras iniciativas.....	16
2.3 El contexto en el que se desarrollarán las ciudades en el largo plazo	17
2.3.1 Lento crecimiento de la población y envejecimiento de ésta.....	17
2.3.2 Aumento del número de viviendas	17
2.3.3 Un país más rico	18
2.3.4 Descentralización regional	19
2.3.5 Desarrollo industrial	19
3. Planificación integrada del uso de suelo y de la movilidad urbana	21
3.1 Descripción.....	21
3.2 Barreras identificadas.....	22
4. Expansión urbana y densificación	25

4.1	Descripción.....	25
4.1.1	Relación con la mitigación de gases de efecto invernadero	25
4.1.2	Densidad de algunas ciudades de Chile	27
4.1.3	Antecedentes nacionales	27
4.2	Barreras y desafíos	29
4.2.1	Barreras	29
4.2.2	Desafíos	30
4.3	Ventajas y oportunidades	31
4.4	Secuencialidad.....	32
4.5	Resumen.....	36
5.	Distribución de servicios	40
5.1	Descripción.....	40
5.2	Barreras.....	41
6.	Plasticidad laboral y teletrabajo.....	42
6.1	Descripción.....	42
6.1.1	Tendencias internacionales.....	43
6.2	Desafíos y barreras.....	44
6.2.1	Barreras.....	44
6.2.2	Desafíos.....	44
6.3	Ventajas y oportunidades	45
7.	Crecimiento sustantivo del transporte público mayor	46
7.1	Descripción.....	46
7.1.1	Tendencias internacionales.....	46
7.1.2	Barreras generales	48
7.2	Ventajas y oportunidades	48
7.3	Infraestructura para el transporte buses y sistemas BRT	49
7.3.1	Descripción.....	49
7.3.2	Barreras	50
7.4	Infraestructura para transporte en METRO	53
7.4.1	Descripción.....	53

7.4.2	Barreras	54
7.5	Secuencialidad.....	56
8.	Promoción del uso de modos no motorizados de transporte	57
8.1	Descripción.....	57
8.1.1	Tendencias internacionales.....	58
8.2	Barreras y desafíos	58
8.3	Secuencialidad.....	62
9.	<i>Smart mobility</i> y uso de las tecnologías de la información.....	63
9.1	Descripción.....	63
9.2	Vehículos autónomos.....	64
9.2.1	Descripción.....	64
9.2.2	Riesgos, desafíos y barreras	64
9.2.3	Ventajas y oportunidades	65
9.2.4	Secuencialidad.....	65
9.3	Automóviles públicos y viajes compartidos	66
9.3.1	Descripción.....	66
9.3.2	Riesgos, desafíos y barreras	67
9.3.3	Ventajas y oportunidades	67
10.	Introducción de vehículos de baja o cero emisiones (automóviles).....	68
10.1	Descripción.....	68
10.1.1	Tendencias internacionales.....	68
10.2	Vehículos eléctricos.....	69
10.2.1	Descripción.....	69
10.2.2	Riesgos, desafíos barreras.....	69
10.2.3	Ventajas y oportunidades	71
10.3	Vehículos de celdas de combustible	74
10.3.1	Descripción.....	74
10.3.2	Barreras	75
10.3.3	Ventajas.....	76
11.	Introducción de vehículos de baja o cero emisiones (buses).....	78

11.1	Descripción.....	78
11.2	Barreras.....	78
12.	Transporte de carga urbano bajo en emisiones (camiones livianos).....	80
12.1	Descripción.....	80
12.1.1	Tendencias internacionales.....	80
12.1.2	Riesgos, desafíos barreras.....	81
13.	Ejemplo de implementación	82
13.1	Descripción.....	82
13.2	Ejemplos de implementación de elementos de visión aplicados a la Región Metropolitana	84
14.	Transporte de carga interurbano	88
14.1	Cambio modal desde transporte de carga caminero hacia transporte ferroviario	88
14.1.1	Descripción.....	88
14.1.2	Barreras.....	88
14.1.3	Secuencialidad.....	89
14.2	Eficiencia energética e introducción de camiones de baja o cero emisiones.....	90
15.	Referencias.....	93

Resumen de principales reflexiones

A continuación se resumen las principales reflexiones sobre los elementos de visión para un futuro bajo en carbono en ciudades (sub-sector transporte):

1. El universo de opciones de mitigación del sector transporte es mucho mayor a las 20x3¹ analizadas en la Fase 2 de MAPS Chile. Las nuevas medidas identificadas le ofrecen a los tomadores de decisión nuevas opciones que se pueden implementar en el corto y mediano plazo.
2. **Implementar las medidas de mitigación bajo la estrategia “evitar”, “cambiar” y “mejorar”.**
3. Considerar la “planificación integrada de uso de suelo y movilidad” como parte de la política energética y de mitigación de gases de efecto invernadero. Comenzar a hablar de “planificación integrada de uso de uso de suelo, movilidad, energía y cambio climático”.
4. Controlar el crecimiento del radio urbano y promover la densificación de las ciudades como medida de mitigación del cambio climático. Las decisiones de corto plazo en esta materia tienen implicancias de largo plazo que pueden ser irreversibles.
5. La planificación de las ciudades debe incorporar la capacidad de adaptarse hacia la introducción de nuevas tecnologías y medidas de mitigación (ejemplo: vehículos eléctricos, introducción masiva de transporte no motorizado, etc.).
6. Promover el crecimiento sustantivo del transporte público hacia niveles en que su participación modal supere la de vehículos particulares. Privilegiar la inversión en infraestructura que favorezca el uso del transporte público y transporte no motorizado.
7. Fomentar una inter-modalidad armónica con la dinámica propia de las características de cada ciudad.
8. Introducir estándares de eficiencia energética para vehículos livianos es una medida costo-efectiva que se puede comenzar implementar en el corto plazo. En el mediano y largo plazo la introducción de vehículos de cero o baja emisión tendrá un rol importante en la mitigación.
9. Se requieren políticas públicas que fomenten el transporte de carga hacia modo de transporte más eficiente como el ferroviario y marítimo.

¹ Las medidas del sector transporte fueron evaluadas con 3 niveles de implementación.

10. Promover nuevas medidas de mitigación que no requieren una alta inversión en infraestructura, tales como: distribución de servicios y polos de trabajo, plasticidad laboral, teletrabajo, racionalización del uso de vehículos livianos, vehículos compartidos, *smart vehicles*, entre otros.

1. Introducción

1.1 Motivación

El objetivo de este trabajo es explorar escenarios de mitigación de largo plazo para un futuro bajo en carbono en ciudades, con un enfoque en el sector transporte. La motivación principal para complementar el trabajo realizado en la Fase 2 fue que si bien se analizaron más de 96 medidas de mitigación (20 para el sector transporte²), las reducciones de emisiones proyectadas para los distintos escenarios no convergen hacia la trayectoria definida por el Escenario Requerido por la Ciencia a nivel nacional. Recordando, este escenario tiene como objetivo definir una trayectoria de emisiones a nivel nacional coherente con la trayectoria global de emisiones para la estabilización del incremento de temperatura global en un máximo de 2°C. Las proyecciones realizadas a partir de los datos del último Informe de IPCC (AR5) muestran que las emisiones nacionales deberían ser inferiores a 55 millones de tCO₂ al año 2050. Actualmente las emisiones a nivel nacional superan las 80 millones de tCO₂, por tanto, si el Escenario Requerido por la Ciencia fuera la referencia para la definición de un “desarrollo bajo en carbono”, el desafío para el país será enorme. La siguiente figura muestra las trayectorias analizadas para dicho escenario.

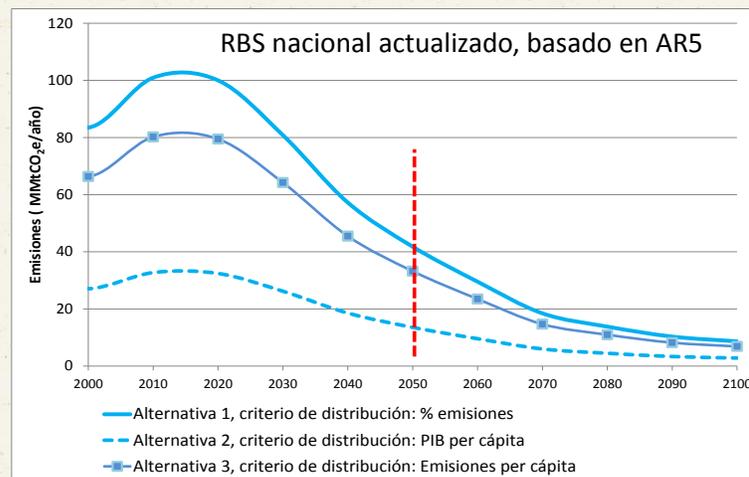


Figura 1: Escenario Requerido por la Ciencia para Chile. Elaboración propia a partir de metodología utilizada en Fase 1 y datos actualizados del último informe del IPCC (AR5).

Este trabajo también responde a la demanda por parte del Grupo de Construcción de Visión y Comité Directivo de incorporar en la evaluación elementos de planificación urbana que parecieran ser relevantes en una mirada de mediano y largo plazo. De esta forma, un elemento diferenciador a lo ya realizado en la Fase 2 del proyecto MAPS Chile fue la identificación de la ciudad como unidad de análisis.

² Sin considerar los distintos niveles de implementación.

1.2 Diferencias con respecto a lo realizado en la Fase 2 del proyecto MAPS Chile

En la siguiente figura se presenta un cuadro comparativo de los elementos abordados en Fase 3 con respecto a las medidas de mitigación analizadas en la Fase 2 del proyecto MAPS Chile (MAPS Chile 2014; Sistemas Sustentables 2014).

FASE 2	FASE 3
<ul style="list-style-type: none">▪ Infraestructura en el transporte público (sólo RM)▪ Extensión trenes urbanos (menos de 50 km)▪ Tarifación vial y encarecimiento estacionamientos (sólo RM) ▪ Infraestructura modo bicicleta▪ Programa de bicicleta pública▪ Programa de subvención a bicicletas eléctricas ▪ Conducción eficiente▪ Etiquetado de neumáticos eficientes▪ Chatarrización para vehículos livianos▪ Vehículos de cero y baja emisión▪ Metas de consumo energético y de emisiones de CO2 Zona verde para el transporte▪ Plan de preparación para la electromovilidad de taxis	<ul style="list-style-type: none">▪ Control del crecimiento de las ciudades▪ Densificación▪ Distribución de servicios y polos de trabajo▪ Plasticidad laboral y teletrabajo ▪ Introducción masiva del transporte público mayor (a nivel nacional)▪ Disminución/raционamiento del uso del automóvil▪ Fomento al transporte no motorizado▪ Vehículos públicos y viajes compartidos ▪ Introducción de automóviles de cero o baja emisión▪ Introducción de buses de cero o baja emisión▪ Vehículos autónomos▪ Smart mobility <p>Elementos transversales:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Planificación integrada▪ Uso de las tecnologías de la información

Se destacan las siguientes diferencias:

- Las medidas de mitigación se identifican a partir de los elementos de visión de largo plazo.
- En la Fase 3 la unidad de análisis es la ciudad.
- Se propone abordar las medidas desde el enfoque “evitar”, “cambiar” y “mejorar”.
- El análisis incorpora elementos de planificación urbana y urbanismo, entre los que se destaca: el control del radio urbano, la densificación de las ciudades y la distribución de servicios y polos de trabajo a lo largo de la ciudad.
- La introducción masiva de transporte público no se restringe a la Región Metropolitana sino que se plantea como un objetivo para todas las ciudades del país.
- Se destaca el rol del uso de las tecnologías de la información como medida para fomentar el uso de modos motorizados bajo en emisiones de GEI.

- Se analizan otras medidas de mitigación que no involucran grandes inversiones en infraestructura, tales como: la plasticidad laboral y el teletrabajo, el uso de vehículos públicos y viajes compartidos, la introducción de vehículos autónomos y el uso de vehículos pequeños.
- La introducción de vehículos de baja o cero emisión no solo se restringe a los automóviles sino que también se considera su introducción en buses y transporte de carga.
- El cambio modal de transporte de carga hacia modos más eficientes se aborda de una manera conceptual y se identifican metas de participación más ambiciosas a las analizadas en la Fase 2.

Otros elementos diferenciadores con respecto al enfoque metodológico y alcances de este trabajo son los siguientes:

- Las medidas no son cuantificadas en términos de costos de inversión y operación como se hizo en la Fase 2 del proyecto.
- No se evalúan los impactos macroeconómicos de los escenarios de mitigación.

1.3 Estructura de este documento

Tabla 1: Descripción de contenidos de este informe.

Capítulo	Descripción
Capítulo 2	Descripción general de los elementos de visión identificados para avanzar hacia un desarrollo bajo en carbono
Capítulo 3 al 12	Descripción de los elementos de visión. Se identifican barreras, ventajas y secuencialidad de implementación en el largo plazo.
Capítulo 13	Ejercicio numérico donde se muestra el impacto en la reducción de emisiones que se podría alcanzar si se desarrollan los elementos de visión que fueron identificados.
Capítulo 14	Descripción de elementos de visión asociados al transporte de carga
Capítulo 15	Referencias bibliográficas consultadas

2. Elementos de visión para un desarrollo bajo en carbono

2.1 Descripción

El trabajo realizado partió con la identificación de elementos de visión para un desarrollo bajo en carbono. Este ejercicio consistía básicamente en imaginarse cómo debería ser un futuro bajo en emisiones de CO₂ hacia el año 2050. Los elementos de visión fueron levantados a partir de diversas reuniones realizadas con el Grupo Construcción de Visión y el desarrollo de un Taller Internacional de Tecnologías y Tendencias en el que participaron expertos internacionales en distintas materias. Asimismo, el trabajo fue complementado con la revisión bibliográfica llevada a cabo por el equipo de investigación del proyecto MAPS Chile, entrevistas a expertos de diversas áreas relacionadas con el transporte, y el apoyo del equipo de investigación de MAPS Internacional.

A continuación se describen los elementos de visión que fueron identificados y que fueron agrupados bajo la estrategia de “evitar”, “cambiar” y “mejorar”.

2.1.1 Evitar

Elementos de visión que buscan evitar y/o disminuir la cantidad de viajes motorizados que se realizan al interior de una ciudad.

- ✓ Control del radio urbano
- ✓ Densificación de las ciudades
- ✓ Mejor distribución de servicios y polos de trabajo a lo largo de la ciudad
- ✓ Uso de las tecnologías de la información como herramientas que favorecen la plasticidad laboral y el teletrabajo

2.1.2 Cambiar

Elementos de visión que buscan cambiar la forma en que nos movilizamos y fomentan el uso de transporte más eficiente en términos de consumo energía:

- ✓ Introducción masiva del transporte público mayor
- ✓ Racionalización y disminución del uso del transporte privado (mediante tarificación vial, políticas de uso de estacionamientos, impuestos, etc.)
- ✓ Fomento del transporte no motorizado
- ✓ Fomento al transporte compartido en automóviles

2.1.3 Mejorar

Elementos de visión que tienen como objetivo introducir mejoras tecnológicas y operaciones que impactan en la reducción de emisiones de GEI:

- ✓ Mejoras en eficiencia energética
- ✓ Introducción de vehículos de baja o cero emisiones en automóviles

- ✓ Introducción de vehículos de baja o cero emisiones en buses
- ✓ Introducción de vehículos autónomos

2.1.4 *Elementos transversales*

Elementos transversales que contribuyen al desarrollo de los elementos de visión descritos anteriormente (evitar, cambiar y mejorar):

- ✓ La planificación integrada de uso de uso, movilidad, energía y cambio climático
- ✓ Uso de las tecnologías de la información y comunicación
- ✓ Integración de los distintos modos de transporte

2.1.5 Resumen de elementos de visión abordados aplicados a una ciudad

La Figura 1 resume los elementos de visión que fueron analizados con mayor detalle en este documento³. Los elementos abordados combinan elementos de planificación urbana con aspectos tecnológicos y futuristas que podrían cambiar significativamente la forma en que se movilizan las personas en el largo plazo.



Figura 2: Elementos de visión para avanzar hacia un desarrollo bajo en carbono. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes extraídas de distintas fuentes.

³ Por restricciones de tiempo no fue posible abordar de manera detallada todos los elementos de visión levantados identificados en este proyecto. Asimismo, alguno de los elementos de visión coinciden con las medidas de mitigación analizada en la Fase 2, por tanto, se le dio más énfasis a ciertos elementos nuevos que pudieran aportar mayores antecedentes.

2.1.6 Elementos de visión asociadas al transporte de carga

A continuación se describen los elementos de visión asociados al transporte de carga. Por tratarse de un modo de transporte el cual no necesariamente está relacionado con el desarrollo de las ciudades, estos elementos se presentan de manera separada del resto de los elementos descritos anteriormente.

- ✓ Mejoras en eficiencia energética y gestión de conductores
- ✓ Introducción de camiones de baja o cero emisiones
- ✓ Optimización en la gestión de flota e integración de tecnologías para optimizar cadenas de suministros
- ✓ Fomento al transporte de carga en modos más eficientes

En el cuerpo de este documento se analiza con particular interés la introducción de tecnologías de bajas emisiones para transporte de carga liviana que se realiza para la distribución de bienes al interior de las ciudades.

2.2 Coherencia con otras iniciativas

Es importante mencionar que los puntos que aquí se presentan son coherentes con las visiones o propuestas de grupos de trabajo previos o que se desarrollan en paralelo: Comisión Asesora Pro-movilidad urbana (2014), Política nacional de desarrollo urbano (enero 2014), Estrategia de ciudad inteligente para transporte Chile 2020, Visión de política nacional de transporte, Política integral de movilidad urbana sustentable de Santiago y proyecto Energía 2050. Los primeros cuatro elementos de visión (planificación urbana, fomento al transporte público, moderación del uso del transporte privado y fomento al uso de transporte no motorizado) han sido identificados en múltiples iniciativas relacionadas con políticas de transporte, sin embargo, la mitigación del cambio climático ha estado lejos de ser el elemento central de análisis. Afortunadamente se puede concluir que estas políticas son coherentes con la mitigación de largo plazo y el deseo de avanzar hacia un desarrollo bajo en carbono.

2.3 El contexto en el que se desarrollarán las ciudades en el largo plazo

A continuación se describen algunas variables que tienen influencia directa en el desarrollo de las ciudades en el largo plazo. Si bien las proyecciones al 2050 pueden tener una incertidumbre alta, los valores que se presentan permiten contextualizar el escenario en el cual se desarrollarán las ciudades.

2.3.1 Lento crecimiento de la población y envejecimiento de ésta

La siguiente tabla muestra la proyección de la población para las distintas regiones del país. En los próximos 35 años se espera que la población crezca aproximadamente un 13%. Asimismo, se espera un envejecimiento de la población. En (Shergold et al. 2015) se analiza como la longevidad de población podría influir en la selección de los modos de transporte.

Tabla 2: Proyección de la población por región hacia 2050. Fuente: MAPS Chile Fase 2.

Región	2015	2030	2050
R1	526.569	581.257	599.535
R2	607.410	671.457	692.572
R3	290.710	316.776	326.737
R4	769.816	863.865	891.030
R5	1.850.676	2.043.409	2.107.665
RM	7.193.719	7.879.123	8.126.886
R6	925.353	1.018.407	1.050.431
R7	1.047.476	1.144.028	1.180.002
R8	2.099.181	2.274.958	2.346.495
R9	1.010.344	1.105.475	1.140.238
R10	1.272.784	1.397.744	1.441.697
R11	109.970	120.660	124.454
R12	161.177	172.215	177.631
Total Nacional	17.867.436	19.589.374	20.205.372

2.3.2 Aumento del número de viviendas

La siguiente tabla muestra la proyección del número de vivienda hacia el año 2050. El crecimiento del número de viviendas es de un 57%, lo cual es mucho más alto que el crecimiento esperado de la población (13%). Lo anterior se explica por una disminución del número de viviendas por hogares. Este crecimiento ejercerá presión sobre el uso de suelo destinado para viviendas ya que las ciudades deberán ser capaces de recibir más de 3,5 millones de viviendas nuevas hacia el año 2050. Asimismo, dependiendo de cómo se distribuyan y ubiquen estas nuevas viviendas, se espera que aumente la demanda por transporte, tanto privado como público.

Tabla 3: Proyección del número de viviendas (miles de viviendas). Fuente: MAPS Chile Fase 2

Zona climática	Tipo	2015	2030	2050
Zona A	Departamento	157	350	532
	Casa	1.203	1.450	1.649
	Zona rural	133	160	182
	Total	1.493	1.961	2.363
Zona B	Departamento	673	1.232	1.766
	Casa	3.123	3.748	4.278
	Zona rural	544	653	746
	Total	4.341	5.634	6.790
Zona C	Departamento	12	38	61
	Casa	285	353	415
	Zona rural	112	139	163
	Total	408	530	638
Total		6.242	8.125	9.792

2.3.3 Un país más rico

El ingreso per cápita del país seguirá creciendo y se alcanzará un nivel de ingreso per cápita similar al de los países de desarrollados. En la Fase 2, por ejemplo, se supuso que Chile alcanzaría un nivel de ingreso similar al de España el cual es equivalente a un 70% del nivel de ingreso de Estados Unidos. La literatura internacional muestra que el aumento de la tasa de motorización de vehículos particulares está correlacionado con el aumento del ingreso per cápita, aumentando la probabilidad que se ocupe este modo de transporte para movilizarse.

A modo de referencia, la última Encuesta Origen-Destino del año 2012 de la ciudad de Santiago, muestra que la cantidad de viajes totales per cápita fue de 2,8 viajes, mientras que en el año 2001 esta cifra fue de 2,81. Es decir, la cantidad de viajes prácticamente no aumentó entre 2001 y 2012. Esta tendencia también se mantiene cuando solo se analizan los viajes motorizados, pasando de 1,68 viajes per cápita en el año 2001 a 1,72 viajes per cápita en el año 2012. Los resultados anteriores no implican que las emisiones de gases de invernadero se hayan mantenido constante, por el contrario, estas han aumentado debido a varias razones que pasamos a analizar a continuación. En primer lugar, hay un aumento de la población y, por tanto, la cantidad de viajes realizados aumentó debido a que se necesita transportar a una mayor cantidad de personas. En segundo, la cantidad de viajes realizados en vehículos particulares aumentó. El análisis comparativo de ambas encuestas muestra que la cantidad de viajes en vehículos particulares aumentó en un 40% desde 2011 (viajes realizados en día normal), incrementando su participación modal desde un 37,4% a un 46,4% (en un día laboral). Ajustando estos datos según la población, los viajes per cápita en automóvil aumentaron desde 0,57 a 0,69 en el año 2012, esto es equivalente a un incremento de un 21%. Los viajes de mayor longitud son los que presentan el mayor aumento de la participación de los viajes en automóvil. Una de las principales razones que explica este aumento se debe al incremento del ingreso per cápita. En la

siguiente tabla se puede apreciar como los segmentos de mayor ingreso presentan la mayor cantidad de viajes per cápita en transporte privado. En la zona norte, el segmento bajo tiene una cantidad de viajes per cápita en transporte privado de 0,35, mientras que en el segmento alto esta cifra aumenta a 1,01. Una relación inversa se observa en la cantidad de viajes en transporte público. A mayor ingreso, menor es la cantidad de viajes que se realiza en transporte público.

Tabla 4: Viajes per cápita, día laboral. Fuente: Encuesta Origen Destino, SECTRA.

Zona	Privado			Público			Otros motorizados		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Norte	0,35	0,49	1,01	1,13	0,72	0,65	0,10	0,14	0,16
Poniente	0,42	0,62	0,52	1,00	0,84	0,49	0,10	0,14	0,07
Oriente	1,03	1,67	2,32	1,32	0,80	0,41	0,10	0,11	0,09
Centro	0,33	0,63	0,87	0,92	0,79	0,42	0,03	0,06	0,05
Sur	0,44	0,72	0,98	0,95	0,78	0,58	0,13	0,12	0,04
Sur-Oriente	0,28	0,79	0,95	1,00	0,82	0,49	0,13	0,12	0,08
Extensión Sur-Poniente	0,38	0,46	1,00	0,91	0,79	0,24	0,22	0,17	0,03

2.3.4 Descentralización regional

El marco en el cual las ciudades se desarrollarán se hará (probablemente) en el contexto de una mayor descentralización regional, influyendo en la manera en que las personas se transportan y viven.

2.3.5 Desarrollo industrial

El desarrollo de las ciudades está fuertemente influenciado por el desarrollo de las actividades económicas que en ella se realizan. Por ejemplo, el crecimiento de las ciudades de Antofagasta y Copiapó está ligado al desarrollo de la actividad minera. Por su parte, el desarrollo de la ciudad de Concepción está fuertemente ligado a la actividad forestal, industria pesquera y del acero. Por tanto, las visiones de desarrollo de las ciudades no pueden estar desvinculadas de la visión de desarrollo económico de las ciudades y el país. Durante el desarrollo del proyecto MAPS Chile no fue posible entablar alguna conversación sobre una visión futura del desarrollo económico del país ni el tipo de economía o actividad productiva que aspiramos en desarrollo. Por ejemplo, las siguientes preguntas no pudieron ser abordadas durante el proceso participativo: ¿Chile seguirá dependiendo de la actividad minera hacia el año 2050?, ¿Habrá una transición hacia una economía más enfocada en servicios?, etc. Por tanto, el ejercicio que aquí se presente se realiza bajo el supuesto que la estructura económica del país no cambiará radicalmente en el largo plazo y, por tanto, las actividades económicas ligadas al desarrollo de las ciudades tampoco lo harán. Esto es un supuesto fuerte. De hecho, por ejemplo, probablemente no tendría mucho sentido hablar del crecimiento urbano de la ciudad de Antofagasta si uno supusiera que en el largo plazo

la actividad minera perderá su relevancia y no habrá otra actividad que la sustituya. En este sentido, se recomienda ahondar más en este análisis en futuros trabajos que se realicen.

3. Planificación integrada del uso de suelo y de la movilidad urbana

3.1 Descripción

La planificación urbana integrada de uso de suelo y transporte urbano e interurbano ha sido identificada por los miembros del Grupo de Construcción de Visión como un elemento a considerar en el desarrollo de largo plazo de las ciudades. En el mediano y largo plazo se espera contar con el marco institucional que permita desarrollar una planificación integrada de uso del suelo y movilidad urbana e interurbana⁴. La revisión de antecedentes previos muestra que este tema también ha sido identificado y abordado por la Comisión de Desarrollo Urbano y la Comisión Pro-movilidad que se desarrollaron entre los años 2013-2014. Sin embargo, la relación de este tema con la mitigación del cambio climático no es clara y, en efecto, este concepto no aparece mencionado en esas iniciativas. En este sentido, una de las principales contribuciones de este estudio es analizar la relación que tiene la planificación urbana con un desarrollo bajo en carbono de las ciudades.

En términos generales, lo que se busca analizar es cómo la planificación integrada urbana puede tener un impacto directo en el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero de las ciudades. Por ejemplo, en (Comisión asesora pro-movilidad urbana 2014) se propusieron medidas tales como: actuar sobre las densidades residenciales, limitar tendencias a la dispersión de actividades fuera de los límites urbanos, crear incentivos para el mejoramiento urbano de centros comerciales de barrio, revitalización de territorios en torno a ejes de transporte, etc. Todas estas medidas contribuyen a reducir el número y largo de los viajes motorizados que se requieren para satisfacer las necesidades de las personas. La relación de este tema con la mitigación del cambio climático radica en que estas medidas también reducen el consumo de energía y, por ende, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte. Esto también da cuenta de la importancia de integrar estos temas con la planificación del sector energía. De manera más amplia, se debería proponer hablar de planificación integrada de uso de suelo, movilidad, energía y cambio climático.

A continuación se listan algunos ejemplos de como la falta de planificación integrada puede influir en el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero o en la implementación de medidas de mitigación:

- Crecimiento del radio urbano puede contribuir a aumentar la dependencia al automóvil y aumentar la distancia de viaje promedio.
- Falta de integración de los distintos modos de transporte público y privados (metro-bus, ciclovías-bus-metro, auto-bus, etc.).
- Ubicación de viviendas sociales alejadas de los centros urbanos.

⁴ En general, una política de cambio climático debería aspirar a considerar de manera integrada políticas de uso de suelo, movilidad, energía, recursos naturales, etc.

- Falta de espacio vial para invertir en ciclovías.
- Falta de integración de las ciclovías de las distintas comunas.

La planificación estratégica de las ciudades también tendrá un rol relevante en la capacidad para adaptarse a la introducción de nuevas tecnologías coherentes con un desarrollo bajo en carbono. Por ejemplo, vale la pena realizarse la siguiente pregunta, ¿qué tan preparadas están las ciudades para la introducción de vehículos eléctricos, trenes súper rápidos, automóviles inteligentes, etc.? En este sentido, la planificación de las ciudades debiera tener una mirada de largo plazo.

3.2 Barreras identificadas

A continuación se describen algunas barreras que han impedido que se realice una planificación integrada de uso de suelo, movilidad, energía y cambio climático:

- La planificación de las ciudades se realiza a nivel sectorial y de manera centralizada (Bresciani 2014). Se identifica una falta de coordinación entre las distintas instituciones involucradas: municipales, intendencia, Ministerios (Transporte, Obras Públicas, Vivienda, Medio Ambiente, etc.), gobiernos regionales, etc. La siguiente figura⁵ muestra las distintas instituciones y el marco de acción en el cual participan.

⁵ Las políticas y planes estratégicos pasarán por una Evaluación Ambiental Estratégica.

Acción	Redes Infraestructura	Transporte	Vivienda	Patrimonio	Urbanización y Edificación
Normativa	MOP – MINVU	MTT	MINVU	MINVU-CMN	MINVU
Planificación Territorial	MOP – MINVU- Municipio- GORE-Privados	MTT-SECTRA- METRO-EFE	MINVU-GORE- Privados	Municipio-CMN	MINVU- Municipios
Evaluación / Aprobación	MINSOC	MINSOC	MINSOC	-	Municipios-DOM
Evaluación Ambiental	SEA	SEA	SEA	-	-
Financiamiento	GORE – MOP- MINVU- Privados	MTT – MOP- Privados	MINVU-GORE- Privados	Privado	Privado
Ejecución / Gestión	MOP-MINVU- Privados	Privados- METRO-EFE	MINVU- Municipios- Privados	-	Privado

Figura 3: Cuadro de acción con los distintos actores involucrados. Fuente: (Bresciani 2014) **Notar como en esta figura no se incluye a instituciones como el Ministerio de Energía o la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente**

- Debido a la falta de una planificación integrada, los proyectos que se ingresan al Sistema Nacional de Inversiones⁶ no necesariamente responden al bien común de una ciudad, y en muchos casos responden a los intereses sectoriales de cada ministerio o institución.
- Relacionado con el punto anterior, el centralismo con que se toman las decisiones y son designados los recursos, son identificadas como barreras para el desarrollo regional. Los recursos son repartidos a cada uno de los ministerios y no van directamente a las regiones. Un esquema alternativo podría ser aquel en que cada GORE accede directamente a los recursos económicos y éstos se distribuyen de manera coordinada entre los distintos sectores involucrados de la región.
- Existen dificultades para la integración interministerial. Por ejemplo, actualmente la máxima autoridad regional (GORE) no tiene atribuciones para la planificación del transporte de una ciudad. Lo anterior tiene un impacto que se ve reflejado en los siguientes ejemplos que pueden constituir medidas de mitigación (METRO, infraestructura para buses, ciclovías, etc.):
 - i. En Santiago la Planificación del Transantiago es desarrollada por el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM), sin tener obligación de consultarle al GORE. Las principales tareas de este Directorio son las de analizar integralmente el sistema de transporte público capitalino y velar por la adecuada coordinación de los diferentes modos que participan en el transporte público de la ciudad. Sin

⁶ Ministerio de Desarrollo Social

embargo, no son tareas de la DTPM el desarrollo de nuevos corredores, la administración de los buses interurbanos, etc.

- ii. El METRO no tiene obligación de consultarle al GORE sobre sus planes de expansión. Generalmente las decisiones de expansión del METRO son llevadas con hermetismo.
- iii. EFE tampoco está obligado coordinarse con el GORE ni con las Municipales que puedan verse afectadas con sus proyectos. A modo de ejemplo, el trazado original del proyecto Rancagua Express ha sufrido modificaciones de manera de adecuarse a las necesidades de la ciudadanía. Esto se podría haber evitado si la planificación hubiera considerado una mayor participación de la ciudadanía.
- iv. El Ministerio de Vivienda tampoco está obligado a consultar al GORE por las decisiones que toma sobre la ubicación de nuevas viviendas u otros proyectos.
- v. Los proyectos para mejorar el transporte público implementados por el Ministerio de Obras Públicas no necesariamente tienen un carácter prioritario para este ministerio (por ejemplo, nuevos corredores), como sí lo son para el Ministerio de Transporte, pero que lamentablemente no tiene la potestad para ejecutar obras.
- vi. Los municipios tampoco están obligados a coordinarse entre ellos o con el GORE. Por ejemplo, las municipalidades no están obligadas a construir las ciclovías que aparecen en el plan maestro que está llevando a cabo el GORE si el financiamiento no proviene de esta institución.
- vii. La localización de nuevos hospitales y escuelas, a cargo del Ministerio de Salud y Educación, respectivamente, tampoco necesariamente se coordina con los otros ministerios involucrados en la planificación de las ciudades. Esto tiene un impacto directo en los viajes motorizados realizados para asistir a estos lugares.
- viii. Los proyectos (hospitales, parques, etc.) que se realizan a nivel regional los financia la institución que se consigue el financiamiento (MINVU, GORE, Municipalidad, etc.). Al existir un financiamiento diferenciado, no necesariamente hay coordinación en el desarrollo de estas obras.

Un avance en esta materia para avanzar hacia una mejor planificación integrada fue la creación de la Comisión Interministerial Ciudad Vivienda y Territorio. La primera reunión de esta Comisión se realizó en mayo de 2014 en Valparaíso. La Comisión tiene por propósito abordar las inversiones de infraestructura pública asociadas a la calidad de vida de las ciudades, para procurar armonizarlas en búsqueda del bienestar de los centros urbanos.

4. Expansión urbana y densificación

4.1 Descripción

4.1.1 Relación con la mitigación de gases de efecto invernadero

El control del radio urbano puede ser entendido como una medida de mitigación para controlar el crecimiento de las emisiones de GEI. Diversos estudios previos han analizado la relación entre la densificación de las ciudades y consumo de energía. En (Karathodorou et al. 2010) se analizaron más de 100 ciudades a lo largo del mundo y se encontró una relación entre consumo de energía per cápita, población, PIB y densidad urbana. Los resultados de dicho estudio estiman una elasticidad consumo de energía per cápita-densidad entre -0,33 y 0.35. Esto significa que si la densidad urbana disminuye en un 10%, entonces el consumo de energía per cápita asociado al transporte crece en un 3%. Los resultados de dicho estudio sugieren que el aumento del consumo de energía per cápita se explica por un aumento del stock de vehículos (debido a una mayor dependencia) y el aumento de la distancia recorrida de éstos. En (Dodman 2009) también se concluye que ciudades con alta concentración de población y actividades económicas pueden reducir el consumo de energía per cápita y emisiones de GEI. Asimismo, se muestra que vivir cerca de los lugares de trabajo puede desincentivar el uso de transporte motorizado disminuyendo el uso de vehículos privados. Se estima que al aumentar al doble la densidad de la población el uso per cápita del vehículo podría reducirse entre un 20 y 40%.

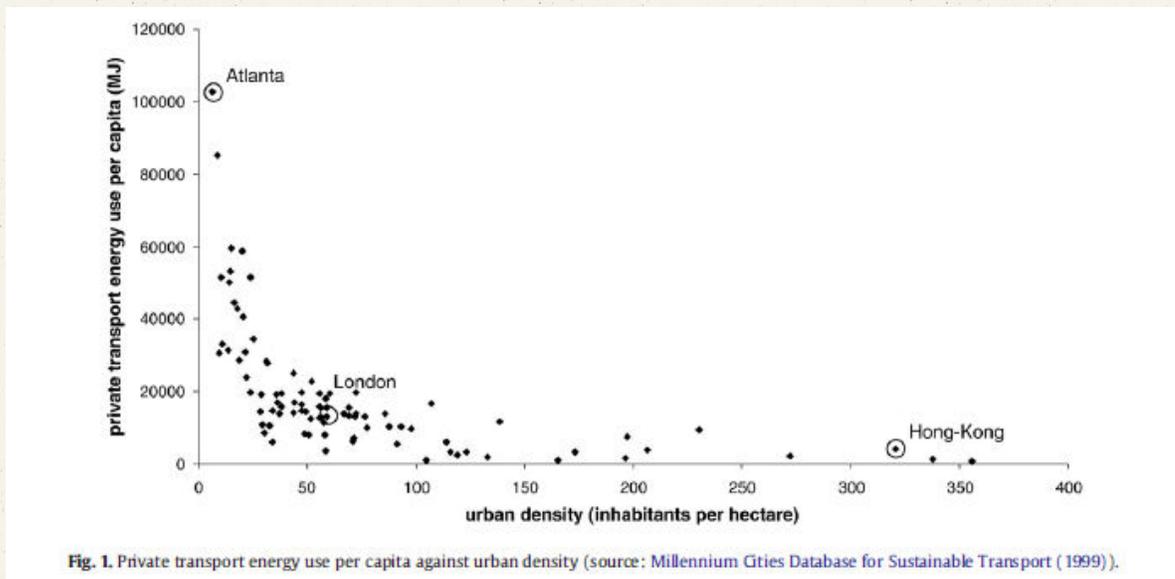


Figura 4: Relación entre intensidad energética y densidad urbana. Fuente: (Karathodorou et al. 2010)

El crecimiento urbano se puede explicar por varias razones. En (Habibi & Asadi 2011) se identifican los factores que explican este crecimiento y se clasifican como se muestra en la siguiente tabla. Las causas que explican el crecimiento de algunas ciudades chilenas, de acuerdo

a la información recabada mediante revisión bibliográfica y entrevistas con expertos, muestran que muchas de éstas coinciden con la experiencia internacional y son las principales barreras que podrían impedir el control del crecimiento urbano como medida de mitigación.

Tabla 5: Causas que explican el crecimiento urbano (Fuente: (Habibi & Asadi 2011))

Factores	Causas
Económicos	Crecimiento económico y crecimiento del ingreso de las personas
	Costo del uso del suelo
	Subsidios
Demográficos	Crecimiento de la población
Hogares	Crecimiento del tamaño de vivienda por hogar
	Diversidad en la selección
Transporte	Tenencia de vehículos particulares
	Bajo gasto en traslado hacia el trabajo/hogar
	Mejoras en el sistema de transporte
	Disponibilidad de caminos
Asociados a los problemas de las ciudades	Alto niveles de impuestos pagados por hogares
	Daños de infraestructura
	Pocos centros públicos
	Departamentos de poca superficie
	Falta de espacios abiertos
	Problemas sociales
Otros	Mejoras tecnológicas, infraestructura pública y servicios

4.1.2 Densidad de algunas ciudades de Chile

La siguiente tabla muestra las densidades de las ciudades con la mayor cantidad de habitantes.

Tabla 6: Población, superficie urbana y densidad de algunas ciudades de Chile. Fuente: SECTRA (Información de transporte urbano).

Lugar	Población	Superficie urbana (km ²)	Densidad (hab/km ²)	Densidad (hab/hec)
Gran Santiago ⁷	6.282.020 (Otras fuentes: 6.800.000)	781 (Otras fuentes: 755 ⁸)	8.043 (Otras fuentes: 10.920 ⁹)	80-109
Gran Valparaíso ¹⁰	952.477	131	7.270	72
Gran Concepción	967.058	137	7.066	70
Antofagasta	329.294	45	7.276	72
Rancagua-Machalí	280.264	29	9.520	95
Puerto Montt	236.693	23	10.520	105

4.1.3 Antecedentes nacionales

En Chile el Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano es el instrumento que regula el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que se integran en una unidad urbana. Cuando esa unidad sobrepasa los 500.000 habitantes, le corresponde la categoría de área Metropolitana para los efectos de su planificación. En Chile existen 3 áreas que reciben esta denominación de unidad metropolitana (Santiago, Valparaíso y Concepción) y hay 19 Planes Intercomunales vigentes (Comisión asesora pro-movilidad urbana 2014).

El año 2013 se aprobó el nuevo Plan Regulador de Metropolitano de Santiago (modificación PRMS 100) con lo cual se agregaron 9.444 hectáreas al radio urbano de la ciudad. La modificación debería estar vigente hasta el año 2030, sin embargo, de acuerdo a la experiencia histórica, nada garantiza que dicho plan no se cambie antes de la vigencia establecida.

En Valparaíso, el último Plano Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL) fue publicado en el Diario Oficial en marzo de 2014 tras 17 años de tramitación. La modificación busca

⁷ Comunas consideradas en Gran Santiago: Conchalí, Independencia, Huechuraba, Recoleta, Renca, Quilicura, Pudahuel, Cerro Navia, Quinta Normal, Lo Prado, Estación Central, Santiago, Maipú, Cerrillos, Vitacura, Lo Barnechea, Providencia, Las Condes, Las Condes, Ñuñoa, La Reina, Pedro Aguirre Cerda, San Miguel, San Joaquín, Lo Espejo, La Cisterna, San Ramón, La Granja, San Bernardo, El Bosque, La Pintana, Macul, Peñalolén, La Florida, Puente Alto, Pirque, Colina, Lampa, Calera de Tango.

⁸ Fuente: Scarlett Ortiz. Medición y Análisis del proceso de crecimiento urbano en Chile. Años de estudios: 1993-2003-2011-2013.

⁹ Fuente: Índice de Ciudades Verdes de América Latina. En esta referencia las densidades fueron categorizados de la siguiente forma: "baja densidad" menos de 1.000 personas por Km²; "densidad media" entre 1.000 y 5.000 personas por Km²; y "alta densidad" más de 5.000 personas por Km².

¹⁰ Comunas consideradas en Gran Valparaíso: Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Quilpué y Viña Alemana.

absorber el acelerado crecimiento del Gran Valparaíso y la escasez de suelo urbano en la zona. El plan regulador debería tener una vigencia 30 años.

En Concepción, actualmente se está discutiendo una modificación al Plan Regulador Metropolitano que se encuentra vigente desde enero de 2003. Las modificaciones que se discuten tienen como objetivo resolver los problemas de conectividad intercomunal; infraestructura y actividades productivas; y entorno natural y construido.

La siguiente tabla muestra el área urbana de las 3 metrópolis de Chile. Los resultados muestran que en los últimos años ha habido una disminución de la tasa de crecimiento, sin embargo, en el largo plazo, esta realidad podría cambiar ante una falta de planificación de las ciudades. En (Rojas et al. 2013) se analizan las causas que explican el crecimiento del radio urbano del Gran Concepción.

Tabla 7: Área urbana de metrópolis de Chile (ha). Fuente: MINVU, Medición y Análisis del proceso de crecimiento urbano en Chile.

Año medición	Gran Santiago	Gran Valparaíso	Gran Concepción
1993	50.045	9.863	8.108
2003	64.034	11.671	10.814
2011	72.552	13.684	13.253
2013	75.555	14.119	13.971

En (Bresciani 2014) se plantea que hacia el 2030 las ciudades La Serena-Coquimbo, Antofagasta, Temuco-Padre Las Casas, Iquique, Puerto Montt-Puerto Varas se podrían convertir en las nuevas Metrópolis de Chile. La siguiente tabla muestra el crecimiento del área urbana de estas ciudades. Se observa como La Serena-Coquimbo y Puerto Montt-Puerto Varas han casi triplicado su área urbana en un periodo de 20 años (1993-2013). La pregunta que cabe plantearse es qué sucederá en los próximos 35 años y qué acciones se pueden tomar.

Tabla 8: Crecimiento de área urbana para ciudades intermedias. Fuente: MINVU, Medición y Análisis del proceso de crecimiento urbano en Chile.

Año medición	La Serena-Coquimbo	Antofagasta	Temuco-Padre Las Casas	Puerto Montt-Puerto Varas
1993	2.387	2.302	2.227	1.629
2003	3.998	2.607	3.053	2.813
2011	6.008	3.321	4.442	5.040
2013	6.865	3.436	4.842	5.103

4.2 Barreras y desafíos

4.2.1 Barreras

A continuación se describen algunas de las barreras que podrían impedir o moderar el crecimiento urbano de las ciudades. Como se comentó anteriormente, varias de estas barreras están asociadas a las causas que explican el crecimiento de las ciudades (ver Tabla 5).

- **Falta de planificación integrada** (en la sección anterior se describió este punto).
- **Falta de herramientas para estimar las reales necesidades de expansión de una ciudad:** La dificultad para estimar las necesidades de crecimiento de una ciudad puede llevar a una sobrestimación de la nueva superficie urbana, más allá de las necesidades reales de la ciudad. Las instituciones cuentan con pocas herramientas para estimar adecuadamente este crecimiento debido a la complejidad del problema.
- **Crecimiento de la población:** A modo de referencia, en el año 2013 se aprobó el nuevo Plan Regulador de Santiago (PRMS) con lo cual se agregaron 9.444 hectáreas al radio urbano de la ciudad. Uno de los motivos que se argumentó fue que para 2030 se había estimado que el Gran Santiago tendrá 1,6 millones de habitantes más (Bakken et al. 2012)(Serra 2012)¹¹.
- **Crecimiento económico:** El aumento del ingreso económico puede influir en las decisiones de las personas por buscar viviendas y terrenos más grandes donde vivir, los cuales podrían estar alejados de los centros urbanos. Desde el punto de vista industrial y comercial, el crecimiento económico podría desencadenar una mayor presión para encontrar terrenos disponibles para el desarrollo de nuevos centros logísticos y de bodegaje. Debido a las restricciones para la circulación de vehículos pesados dentro de las ciudades, el emplazamiento de estas actividades tiende a ubicarse fuera de los límites de las ciudades.
- **Aumento del costo del uso del suelo y vivienda:** En el caso de la Región Metropolitana las zonas más céntricas concentran las mayores alzas de precio de las viviendas lo que impide que ciertas familias puedan acceder a una vivienda ubicada en la zona céntrica de capital. Razón similar también habría sido una de las causas para aumentar la superficie urbana del Gran Valparaíso. La falta de suelo se explica, en parte, por las condiciones topográficas de la región que hacen se encarezcan los proyectos.

¹¹ <http://diario.latercera.com/2013/11/17/01/contenido/pais/31-151024-9-contraloria-aprueba-plan-regulador-y-gran-santiago-crece-en-10-mil-hectareas.shtml>

- **Escasez de terrenos para el desarrollo de viviendas sociales:** La necesidad de satisfacer la demanda por viviendas sociales, en conjunto con el aumento del costo de uso de suelo, ha llevado a desarrollar proyectos en el contorno o alejado del radio urbano aumentando las distancias de viajes para quienes habitan esos lugares. No obstante el punto anterior, en la Región Metropolitana se han tomado algunas acciones para el desarrollo de viviendas sociales dentro del radio urbano. Por ejemplo, se destaca el proyecto de la Ciudad Bicentenario en Cerrillos. Asimismo, el MINVU ha comprado un conjunto de terrenos (en Plaza Chacabuco, El Mariscal, Renca, Quilicura, entre otros).
- **Condiciones geográficas y zonas de riesgo:** Las ciudades podrían estar ubicadas en zonas de riesgo lo cual podría limitar la disponibilidad de terrenos para nuevas viviendas.
- **Restricciones a la altura máxima de edificios:** Algunas comunas tienen restricciones muy exigentes a la altura máxima de edificios.
- **La presión de sectores privados:** La presión de sectores privados podría influir sobre la toma de decisiones de quienes regulan el crecimiento de la ciudad.

4.2.2 Desafíos

A continuación se describen algunos de los desafíos asociados al crecimiento de las ciudades:

- **Satisfacer demanda de transporte viviendas alejadas con modos de transporte eficientes:** El desarrollo de nuevas viviendas en el contorno urbano tiene como consecuencia que, eventualmente, nuevos servicios de transporte público deben ser implementados. En regiones esta demanda adicional es cubierta por el transporte público en manos de privados, quienes deberán evaluar la rentabilidad económica de aumentar su oferta de servicios hacia estas nuevas zonas. En este sentido, no se garantiza el acceso al transporte público de esta población. En la Región Metropolitana el sistema del Transantiago debiera absorber esta nueva demanda aumentando el costo para el sistema.
- **Conservación del patrimonio:** La densificación de las ciudades a través de la construcción de edificios en altura puede tener impactos sobre la conservación del patrimonio. Por ejemplo, la siguiente figura muestra los potenciales impacto de edificios de altura en el borde costero de la Región de Valparaíso.
- **Crecimiento armónico de las ciudades:** El crecimiento en altura se debe realizar



Figura 5: Potenciales impactos de la edificación en altura y su impacto en el patrimonio de la ciudad.

en armonía, considerando estándares de calidad de vida para quienes habitan esas viviendas y asegurando el acceso a servicios, equipamiento, áreas verdes, etc.

- **Evitar construir en zonas de riesgo:** debido a restricciones de suelo disponible, la densificación de las ciudades podría realizarse en zonas que pueden resultar inseguras para la población. En este sentido, se deben identificar las zonas de riesgos de las ciudades y evitar la construcción de viviendas en ellas. Además, se

debe proveer la infraestructura adecuada que mitigue los potenciales riesgos de las viviendas ya instaladas que por diversas razones sea complicado desplazar.

- **Incentivos económicos para el desarrollo de viviendas sociales:** Creación de incentivos económicos para que inmobiliarias incluyan, dentro de sus proyectos, la construcción de viviendas sociales.
-



Figura 6: Crecimiento del radio urbano en Gran Valparaíso debido a aprobación de Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL). Fuente: Plataforma Urbana. <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/04/21/nuevo-plan-regulador-de-valparaiso-aumento-en-85-limites-de-ciudad-con-zonas-forestales/captura-de-pantalla-2014-04-21-a-las-11-31-21/>

4.3 Ventajas y oportunidades

A continuación se describen algunas ventajas y oportunidades asociadas al control de la expansión urbana:

- **Menor dependencia del automóvil:** La literatura internacional muestra que los habitantes de ciudades más compactas tienden a tener una menor dependencia del automóvil y un menor consumo de combustible (Santos et al. 2010).
- **Reducción de costos por infraestructura:** El crecimiento sin control de las ciudades puede implicar aumentos significativos de costos debido al aumento de infraestructura para servicios de agua potable, recolección de basura, acceso escuelas y hospitales, construcción de infraestructura caminera, etc. (Anon 2015; Habibi & Asadi 2011). En este sentido, el control del radio urbano puede implicar importantes ahorros para la economía local.
- **Mejorar la calidad de vida de las personas:** Oportunidad para mejorar la calidad de vida de las familias de menores ingresos. Las familias de escasos recursos tienen pocas posibilidades de acceder a una vivienda ubicada cerca de la zona céntrica de la ciudad

(Muñoz 2015). Por tanto, estas son las más expuestas a realizar viajes más largos. En este sentido, se deben evitar a futuro las consecuencias económicas, sociales y políticas de una mala planificación inicial de la localización de viviendas sociales (Ejemplo: población de Bajo de Mena de la población de Puente Alto).

- **Oportunidad para la descentralización:** El control del crecimiento urbano puede ser visto como una oportunidad para favorecer la descentralización de las regiones, en especial la Región Metropolitana de Santiago.

4.4 Secuencialidad

De acuerdo a la opinión de distintos expertos consultados, se considera deseable controlar el crecimiento de las ciudades. Sin embargo, los resultados de la implementación de estas políticas no son inmediatos, y los efectos se esperan para el mediano y largo plazo.

Anteriormente se mostraba que, en el caso de la Región Metropolitana, la cantidad de viajes per cápita se había mantenido prácticamente constante entre 2001 y 2012. Esta tendencia también se puede observar en otras partes del mundo. El Departamento de Transporte de Inglaterra reporta que en el año 2014 se hicieron 921 viajes (2,5 viajes al día aproximadamente) y en el año 1965 se realizaron 945 viajes, es decir, no se observan diferencias significativas en la generación de viajes (Department of Transport UK 2014). En el tiempo de viaje tampoco se

observan grandes diferencias. En el año 2014 se destinaron 361 horas, mientras que en el año 1965 es cifra era de 349 horas. No obstante lo anterior, se observa un incremento significativo de la cantidad de kilómetros recorridos por una persona. En el año 2014 la se corrieron aproximadamente 10.381 km per cápita, mientras que en el año 1965 se recorrieron 5.864 km. A partir del año 2002 esta tendencia se ha revertido observándose una disminución de un 12% hacia el año 2014.

Una tendencia similar se puede observar en Australia, donde la cantidad de kilómetros recorridos per cápita se estabilizó a partir del año 2001, como se muestran en la siguiente figura (Department of Infrastructure and Regional Development 2014). En esta misma referencia se analiza los años en los cuales se han alcanzado la saturación de la cantidad de kilómetros recorridos per cápita en varios países. Es de esperarse que la implementación de las medidas de

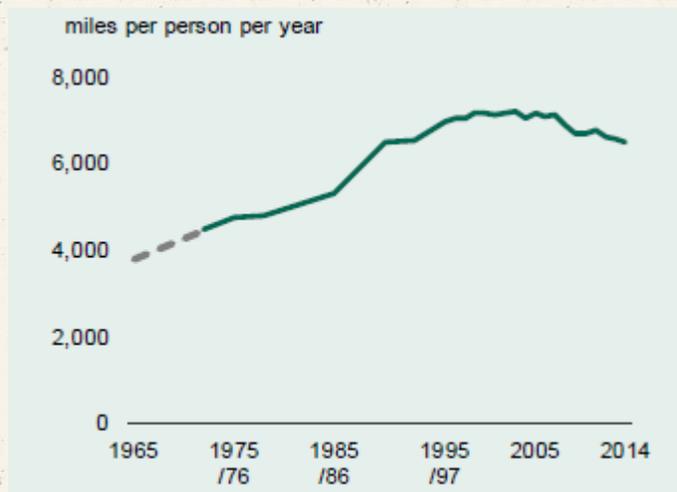


Figura 7: Distancia promedio recorrida por una persona por año. Fuente: Departamento de Transporte de Reino Unido.

control del crecimiento urbano y densificación tiende a limitar la tasa de crecimiento de la cantidad de kilómetros recorridos en modos motorizados al interior de una ciudad, y el año en que se alcanza la saturación va a depender de la velocidad con que se implementen estas políticas.

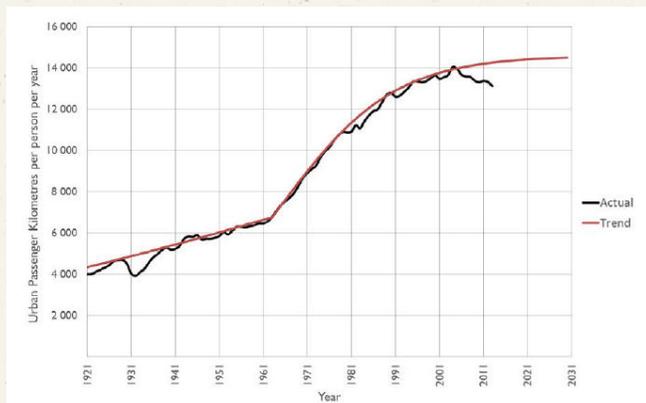


Figura 8: Distancia promedio recorrida por una persona por año. Fuente: Departamento de Transporte de Reino Unido.

Tabla 9: Año y distancia de saturación para distintos países. Fuente: (Department of Infrastructure and Regional Development 2014)

País	Año de saturación	km per cápita
Australia	2006	10,800
Austria	2037	11,500
Belgium	2015	10,500
Britain	2019	9,500
Canada	2006	11,200
Denmark	2011	10,300
Finland	2039	13,000
France	2018	10,100
Germany	2032	11,800
Greece	2052	16,000
Ireland	2028	12,300
Israel	2027	8,000
Italy	2015	10,900
Japan	2016	6,800
Korea	2028	8,500
Netherlands	2060	10,200
New Zealand	2012	9,700
Norway	2014	9,000
Spain	2060	11,000

Sweden	2043	11,400
Switzerland	2015	9,000
United States	2065	18,500

La siguiente tabla muestra algunos antecedentes que condicionan el crecimiento de las 3 Metrópolis actuales.

Tabla 10: Expectativas de expansión de las ciudades

Ciudad	Descripción
Gran Santiago	<p>El plan regulador actual debería estar vigente hasta el año 2030, lo cual teóricamente condiciona el crecimiento de la ciudad.</p> <p>El MINVU está construyendo menos viviendas sociales y más caras, pero dentro del radio urbano.</p> <p>El crecimiento del número de viviendas está creciendo al interior del anillo Américo Vespucio. Asimismo, está creciendo la edificación en altura (Iván et al. 2015).</p> <p>Sin embargo, pasado el largo plazo no existe consenso sobre qué pasará con la Región Metropolitana. Por ejemplo, en un artículo aparecido en (La Tercera 2015) se plantea que hacia el año 2080 el radio urbano se podría expandir hasta Buin, Melipilla, Curacaví y Tiltil. Esto da cuenta de la importancia de tener una visión de largo plazo, e incorporar en la planificación los análisis que incluyan el impacto en la mitigación del cambio climático y consumo de energía.</p>
Gran Valparaíso	<p>La última modificación del PREMVAL tiene una vigencia de 30 años. Producto de estas modificaciones, se espera un aumento de las viviendas ubicadas en el contorno del radio urbano.</p>
Gran Concepción	<p>Actualmente se está discutiendo una modificación al Plano Regulador Metropolitano Vigente. No se esperan aumentos importantes del área urbana de la región.</p> <p>Se observa que la ciudad tiene un potencial bastante alto de densificación ya que la mayoría de la edificación existente es de baja altura.</p>

La siguiente tabla ejemplifica, para el caso particular de las grandes metrópolis, como las distintas barreras y desafíos identificados se han observado en estas ciudades.

4.5 Resumen

Tabla 11: Descripción de barreras aplicadas a algunas ciudades específicas.

Barreras	Gran Santiago	Gran Concepción	Gran Valparaíso
Falta de planificación integrada	Sí	Sí. Sin embargo, ha habido una mayor coordinación de las distintas instituciones que participan de la planificación de la región. Ejemplo de esto fue la implementación del convenio de programación MINVU – MOP– GORE del año 2007.	Sí.
Planos Reguladores Intercomunales o Metropolitanos susceptibles de ser modificados.	Sí	Sí	
Crecimiento de la población	Uno de los motivos que justificó la modificación al PRMS (PRMS 100) fue que para 2030 se estimaba que Gran Santiago tendrá 1,6 millones de habitantes más.	No tan crítico	Uno de los argumentos de la modificación del PREVAL fue el crecimiento proyectado de la población.

Aumento del costo del uso del suelo y vivienda	En el caso de la Región Metropolitana las zonas más céntricas concentran las mayores alzas de precio de las viviendas	No tan crítico	
Escasez de terrenos para el desarrollo de viviendas sociales	La escasez de terrenos, en conjunto con el aumento del costo del uso de suelo, ha llevado a aumentar el número de hectáreas del área urbana.	Necesidad de satisfacer la demanda de viviendas sociales ha llevado a construir viviendas alejadas de los centros urbanos de las ciudades (Rojas et al. 2013).	La escasez de terrenos, en conjunto con el aumento del costo del uso de suelo, también fue una de las motivaciones de la modificación del PREVAL.
Restricciones a la altura máxima de edificios.	Algunas comunas de Santiago tienen restricciones muy estrictas al crecimiento en altura.	En algunas zonas existen restricciones en altura.	
Intereses de privados	De acuerdo a opinión de expertos y algunos trabajos bibliográficos (CIPER Chile 2014)(Serra 2012), la presión de inmobiliarias ha sido un factor que ha influido en las modificaciones de los planos reguladores.	Las modificaciones al plano regulador y el desarrollo inmobiliario han significado una amenaza para algunos humedales protegidos de la región (Ejemplo, humedal Paicavi).	
Condiciones topográficas	No se considera una barrera crítica.	Condiciones geográficas pueden afectar el desarrollo en ciertas áreas debido al riesgo de tsunamis o inundaciones. Se han realizado estudios de áreas de riesgos que podrían condicionar la ubicación de nuevas viviendas.	Las condiciones topográficas limitan y condicionan la ubicación de viviendas y actividades.
Acceso a infraestructura	Algunos expertos argumentan que el desarrollo urbano de comunas como Chicureo, Padre	Si bien la construcción de infraestructura ha ayudado a la conectividad de las distintas comunas de la	

	Hurtado, entre otras, se explica por la conectividad a carreteras urbanas.	ciudades, esto también ha contribuido a expandir la ciudad. La conectividad a través de carretas de las comunas de San Pedro, Coronel, Lota con Concepción y Talcahuano ha favorecido el desarrollo urbano de esas comunas.	
Regulatorias		Plano regulador de Concepción define la extensión del área urbana pero no define densificación máxima, por tanto, no se controla de manera adecuada la construcción de viviendas en alturas.	

Tabla 12: Descripción de desafíos particulares de algunas ciudades

Desafíos	Gran Santiago	Gran Concepción	Gran Valparaíso
Acceso al transporte público	Para aquellas comunas alejadas de los centros urbanos, el acceso a un transporte público de calidad constituye un mecanismo de superación de la segregación social.	Satisfacer la demanda de transporte de los habitantes de bajos recursos que viven alejados de los centros urbanos a través de transporte bajo en emisiones de GEI. Por ejemplo, el BIOTREN solo opera en horas de punta.	
Crecimiento armónico y acceso a servicios	En algunas comunas (por ejemplo, Santiago) ha habido crecimiento descontrolado de la edificación en altura, despreocupando del acceso a servicios, áreas verdes, etc. Algunos autores plantean que en el futuro este tipo de vivienda se podría convertir en los guetos del futuro. El	El crecimiento en altura todavía no se ha masificado, sin embargo, se requieren medidas regulatorias para controlar su expansión.	

	desafío consiste en avanzar hacia un desarrollo armónico de la ciudad.		
Impacto sobre patrimonio cultural		En también se menciona que el crecimiento en altura ha afectado el patrimonio de la ciudad ¹² .	El crecimiento en altura se constituye una amenaza para el desarrollo patrimonial de la comuna de Valparaíso.
Evitar la construcción de zonas de riesgos		Evitar la construcción de viviendas sociales ubicadas en la costa con riesgo de inundación por tsunamis, por crecidas de ríos (viviendas ubicadas en borde de Río Bío Bío) y ubicadas en cerros (viviendas ubicadas en algunas zonas de Talcahuano).	La expansión del radio urbano aprobado últimamente incluye algunas zonas ubicadas cerca del último gran incendio de Valparaíso. También existe riesgo para edificaciones ubicadas en el borde costero.

¹² <http://www.periodismoudec.cl/tiemporeal/2014/03/28/las-implicancias-del-crecimiento-urbano-en-el-gran-concepcion/>

5. Distribución de servicios

5.1 Descripción

Esta medida tiene como objetivo evitar la realización de viajes motorizados o reducir la cantidad de kilómetros recorridos debido a una mejor distribución de los servicios públicos, colegios de buena calidad, supermercados, hospitales, lugares de trabajo, etc., a lo largo de la ciudad.

A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra los propósitos de los viajes realizados en la Región Metropolitana según la encuesta Origen-Destino del 2012. Se observa que 17,7% de los viajes se realiza por motivos de estudio, 16,9% por motivos de compra, 6,4% para realizar trámites, 3,6% por motivos de salud, entre otros. Una mejor distribución de servicios podría reducir la cantidad de viajes que se realizan para estos propósitos.

Tabla 13: Propósitos de los viajes para la Región Metropolitana en un día normal. Fuente: EOD 2012 Santiago.

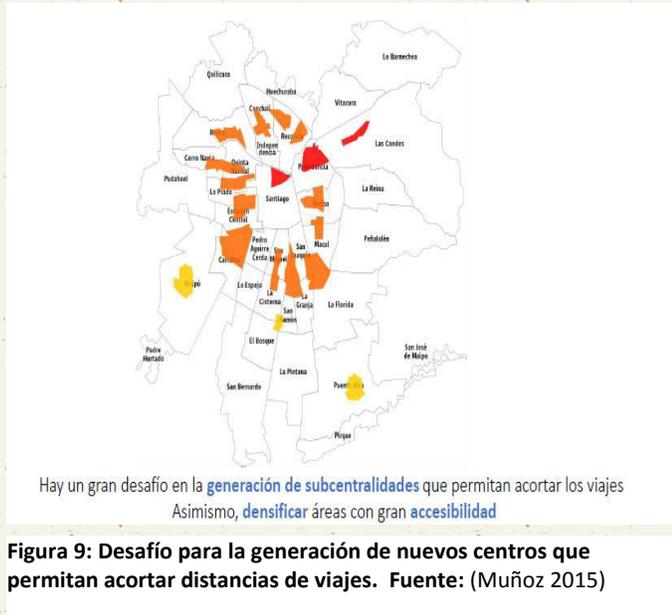
Propósito	Modo de Transporte				Total	
	Privado (miles)	Público (miles)	Resto (miles)	No Motorizados (miles)	Todos (miles)	%
Al trabajo	1.788,4	2.350,9	174,0	1.109,9	5.423,3	29,4%
Por trabajo	316,6	116,6	7,9	85,5	526,7	2,9%
Al estudio	526,8	982,6	515,3	1.247,7	3.272,4	17,7%
Por estudio	38,6	115,2	48,2	131,2	333,2	1,8%
De salud	197,3	323,5	9,3	126,8	656,9	3,6%
Visitar a alguien	302,6	175,8	7,0	307,4	792,8	4,3%
Buscar o dejar a alguien	655,3	114,8	5,9	598,8	1.374,7	7,4%
Comer o tomar algo	61,3	16,4	0,4	172,2	250,3	1,4%
Buscar o dejar algo	43,9	15,3	0,4	198,3	258,0	1,4%
De compras	571,8	361,1	8,5	2.172,4	3.113,9	16,9%
Trámites	299,1	597,5	10,2	278,3	1.185,1	6,4%
Recreación	170,4	89,3	5,3	379,4	644,4	3,5%
Otra actividad	200,7	119,6	6,6	302,5	629,5	3,4%
Total	5.173,0	5.378,7	799,0	7.110,4	18.461,1	100,0%
%	28,0%	29,1%	4,3%	38,5%	100,0%	

Para ciudades medianas se considera que existe una oportunidad para mejorar la distribución de servicio y equipamiento.

5.2 Barreras

A continuación se describe una lista preliminar de barreras identificadas para mejorar la distribución de servicios, hospitales, comercio, etc., en una ciudad:

- **Ausencia de planificación integrada:** La carencia de una planificación integrada tiene como consecuencia que cada comuna defienda sus propios intereses, los cuales no necesariamente están alineados con el beneficio común de todos los habitantes de la ciudad. Por ejemplo, el incremento del número de oficinas en una comuna aumenta la atracción de viajes desde otras comunas.
- **Falta incentivos:** Falta de incentivos para el desarrollo de edificios de uso mixto que integren actividades para uso residencial, comercial y de oficinas. Asimismo, se identifican faltas de incentivos para la creación de nuevas sub-centralidades y polos de trabajo.
- **Regulatorias:** Restricciones de algunos planos reguladores para el desarrollo de zonas mixtas para uso de oficinas, servicios y viviendas.
- **Económicas:** En zonas donde se permite el uso mixto las actividades de mayor rentabilidad (por ejemplo, comerciales) podrían limitar o absorber el desarrollo de actividades de menor rentabilidad (por ejemplo, viviendas).
- **Sociales:** hay personas que no les gusta vivir en edificios donde el primer piso esté dedicado a actividades comerciales (farmacias, lavanderías, minimarkets, etc.).



6. Plasticidad laboral y teletrabajo

6.1 Descripción

El concepto de plasticidad laboral se refiere a los nuevos formatos de trabajo tales como la flexibilidad en los horarios de entrada y salida de oficina, la posibilidad de trabajar algunos días desde el hogar, trabajar una fracción de la jornada laboral desde el hogar y otra desde la oficina, trabajar desde lugares intermedios (por ejemplo, lugares de trabajo compartido como *co-working spaces*), etc. (SocialLab 2015). La implementación masiva de esta modalidad de trabajo podría tener múltiples beneficios asociados al transporte: disminución de la demanda de punta de viajes motorizados, descongestión de calles, menor infraestructura vial para satisfacer demanda de transporte, disminución de consumo de energía, etc.

En este capítulo se analiza como el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) puede favorecer al desarrollo de estas nuevas formas de trabajo y contribuir de manera indirecta a la mitigación del cambio climático. En específico, acá se analiza el rol que puede tener el teletrabajo como medida para reducir la cantidad de viajes motorizados por motivo laboral y su impacto en la reducción de consumo de energía y emisiones de GEI.

La siguiente tabla muestra la cantidad de viajes que se realizan por motivos de viajes para distintas ciudades del país. Se observa que la cantidad de viajes por motivos de trabajo varía entre un 24% y 32%.

Tabla 14: Propósito de viajes para distintas ciudades. Incluye viajes motorizados y no motorizados. Fuente: SECTRA.

Ciudad	Propósito del viaje (número de viajes)			Propósito del viaje (%)		
	Estudio	Trabajo	Otros	Estudio	Trabajo	Otros
Arica	120.620	133.494	313.940	21%	24%	55%
Iquique-Alto Hospicio	166.793	193.384	293.004	26%	30%	45%
Antofagasta	207.998	214.594	408.891	25%	26%	49%
Copiapó	92.294	111.861	213.721	22%	27%	51%
Coquimbo-La Serena	237.523	238.007	452.679	26%	26%	49%
Santiago	3.605.600	5.984.235	8.871.299	20%	32%	48%
Temuco-Padre Las Casas	209.355	289.701	509.031	21%	29%	50%
Osorno	88.675	143.930	236.047	19%	31%	50%
Valdivia	123.871	161.245	276.714	22%	29%	49%

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) define al teletrabajo “cualquier trabajo efectuado en un lugar donde, lejos de las oficinas o talleres centrales, el trabajador no mantiene contacto personal con sus colegas, pero puede comunicarse con ellos a través de las nuevas tecnologías”.

En (Gabriela & Romanik 2011) se identifican distintos tipos de teletrabajo, entre los que se destaca:

- Teletrabajo desde el hogar o *telehomeworking*.
- Teletrabajo cercano al hogar: telecentros comunitarios y oficinas satélites.
- Teletrabajo en cualquier lugar: telecentros y *call centers*.
- Teletrabajo en diferentes lugares: nómada o móvil.
- Teletrabajo a través de países: transfronterizo (países vecinos) y offshore (países distantes).
- Teletrabajo permanente.
- Teletrabajo parcial o suplementario.
- Teletrabajador independiente o self-employed.
- Teletrabajador dependiente.

6.1.1 Tendencias internacionales

Empresas como IBM, Cisco, Intel, Yahoo, Google, Telefónica, Endesa, Chilectra, etc. tienen implementados esquemas de teletrabajo. En Colombia existen iniciativas concretas por parte del gobierno y privados para incentivar y promover el teletrabajo (Colombia n.d.). En (Santos et al. 2010) se estima que en el Reino Unido se podrían reducir las emisiones de GEI asociadas en un 2,4% producto de la implementación de incentivos al teletrabajo. En (WWF 2009) se reporta que la Asociación de Electrónica de Consumo (CEA en inglés) estima que 3,9 millones de estadounidenses trabajan bajo la modalidad de teletrabajo y que han ahorrado entre 10 y 14 millones de toneladas de CO₂ al año. En el mismo estudio se menciona que el Instituto de Consumidores de Estados Unidos (ACI en inglés) prevé que un 10% adicional de la fuerza laboral de Estados Unidos podría comenzar a trabajar a distancia en un plazo de 10 años, estimando una reducción anual de 38,5 millones de toneladas de CO₂. También se menciona que un estudio piloto realizado en Reino Unido muestra que, en promedio, los trabajadores que realizan sus labores desde sus hogares, dejan de recorrer aproximadamente 5.000 km per cápita al año desde sus casas a la oficina. La mayor parte de esos viajes se hubiera realizado en automóvil en vez de transporte público. Asimismo, se menciona que si el 10% de los empleados de la Unión Europea tuvieran trabajo flexible, se ahorrarían 22 millones de toneladas de CO₂ al año.

En (Tom et al. 2014) se menciona como en los últimos años varias compañías de la ciudad de Bruselas han incorporado al teletrabajo como parte de sus planes de transporte. En dicho estudio se analizan escenarios de fomento al teletrabajo que van desde 1 a 5 días a la semana, y se estima la reducción de consumo de energía, costos y emisiones de GEI.

6.2 Desafíos y barreras

6.2.1 Barreras

A continuación se describen algunas barreras identificadas para la masificación del teletrabajo:

- La desconfianza de los empleadores o la incapacidad para supervisar el trabajo realizado es mencionado como una de las principales barreras en (Tom et al. 2014). Esto tiene como consecuencia la necesidad aparente de contar con los trabajadores en el lugar físico de trabajo (WWF, 2009).
- Falta de instrumentos que fomente el teletrabajo (WWF 2009).
- La percepción de los trabajadores que al no estar físicamente en el trabajo tengan menos posibilidades que su desempeño sea bien evaluado.
- En (Gabriela & Romanik 2011) se analiza la regulación legal de teletrabajo. Actualmente existe un proyecto¹³ de ley que busca regular la distribución de la jornada de los trabajadores a domicilio, materias de seguridad y salud, entre otros aspectos. Según algunos expertos consultados, a nivel nacional ya existen empresas privadas que tienen implementados sistemas de flexibilidad laboral, por tanto, si bien hay un proyecto de ley en tramitación, no existirían barreras legales para su implementación. A nivel público podrían existir barreras regulatorias que impedirían la modalidad de teletrabajo.
- Capacidad de las personas para utilizar las tecnologías de la información. Sin embargo, se considera que para las nuevas generaciones esto no será una barrera significativa.

6.2.2 Desafíos

A continuación se describen algunos desafíos relacionados con la implementación de esta medida:

- El potencial de implementación de esta medida depende del tipo de actividad que realizan los trabajadores. Faltan estudios a nivel nacional que estimen el potencial de trabajadores que podrían desempeñarse bajo esta modalidad de trabajo. El sector servicios es uno de los que tendría el mayor potencial de incluir sistemas de trabajo más flexibles.
- Si bien el teletrabajo reduce el consumo de energía asociada al transporte, este podría incrementar el consumo de energía de iluminación y calefacción en el hogar al utilizar equipos menos eficientes que los que se encuentran en el trabajo (Grant-Muller & Usher 2014).
- También el ahorro monetario obtenido por la disminución del costo del transporte podría utilizarse para consumir bienes y servicios que requieren una mayor demanda de energía para su elaboración (concepto de huella de carbono). Asimismo, el tiempo ahorrado para trasladarse al trabajo se podría utilizar para realizar otro tipo de viajes (compras en comercio, salidas a restaurant, etc.) o inducir más viajes motorizados debido a una

¹³ <http://static.pulso.cl/20140506/1938199.pdf>

aparente descongestión de las calles (Santos et al. 2010). Por tanto, se requiere desarrollar estudios a nivel nacional que analicen con mayor nivel de detalles las bondades de esta medida.

- Los esquemas de teletrabajo se deben implementar considerando la naturaleza humana y social de los trabajadores. Por ejemplo, esquemas de teletrabajo de 1 a 3 días serían los recomendables ya que se permitiría mantener la interacción social entre los trabajadores y sus respectivos jefes.

6.3 Ventajas y oportunidades

- Reducción de costos asociados al transporte (consumo de combustible, mantenimiento de vehículos, etc.).
- Reducción de costos de infraestructura para satisfacer demanda por transporte.
- Reducción de tiempo de viaje y mayor disponibilidad de tiempo libre para las personas.
- Reducción de tráfico en horas de punta.
- Mejora calidad de vida de los trabajadores.
- Incorporación laboral para personas con discapacidad.
- Algunas empresas han reportado mejoras en productividad de sus trabajadores (IMB 2014; CISCO 2014).

7. Crecimiento sustantivo del transporte público mayor

7.1 Descripción

Hay consenso en el Grupo de Construcción de Visión respecto del rol preponderante del transporte público en el marco de un desarrollo bajo en carbono. La introducción masiva de este tipo de transporte deberá considerar variables de calidad, tiempos de viajes y confort, para que sea una alternativa viable al transporte privado. Por ejemplo, al aumentar la velocidad de flujo de los buses, este tipo de sistemas se vuelve más atractivo para la gente. También se destaca la posibilidad que tiene Chile de transformarse en una plataforma de innovación al diseñar un buen sistema de transporte, lo que, al mismo tiempo, puede significar una oportunidad de cooperación y replicabilidad (tanto a nivel local como regional). Mejorar la infraestructura, así como la intermodalidad del transporte público (metro – bus – taxi, bicicleta-metro-bus, etc.), son las principales medidas propuestas con miras a disminuir las emisiones de CO₂.

El aumento de la calidad de servicio y la participación del transporte público no serán posibles si no se aplican simultáneamente medidas que apunten a disminuir el uso del transporte privado y la racionalización de su uso. En esta categoría se incluyen acciones tales como: limitar la capacidad vial para el uso de vehículos privados, implementaciones de zonas de tarificación vial, restringir el número de estacionamientos en zonas de alta congestión, introducción de impuesto a las emisiones de GEI, etc.

7.1.1 Tendencias internacionales

La siguiente figura muestra la cantidad de viajes realizados en transporte público con respecto al total de viajes motorizados para más de 150 ciudades del mundo. Los resultados muestran que en más del 60% de las muestras los viajes en transporte público no superan el 50% del total de viajes (Global BRT Data 2015). Además, las ciudades que tienen un mayor ingreso per cápita son las que tienen una menor participación del transporte público (ver figura 10). Esto en parte se explica por el hecho de que al aumentar el ingreso per cápita aumenta la posibilidad de acceder al transporte privado y hacer uso de éste. París, Madrid, Helsinki y Zúrich son algunas excepciones a este comportamiento, mostrando una alta participación del transporte público a pesar de tener un alto ingreso per cápita. Uno de los principales desafíos de esta medida consiste en desacoplar el aumento del uso del transporte privado con el aumento del ingreso per cápita que se espera que tendrá el país en el mediano y largo plazo.

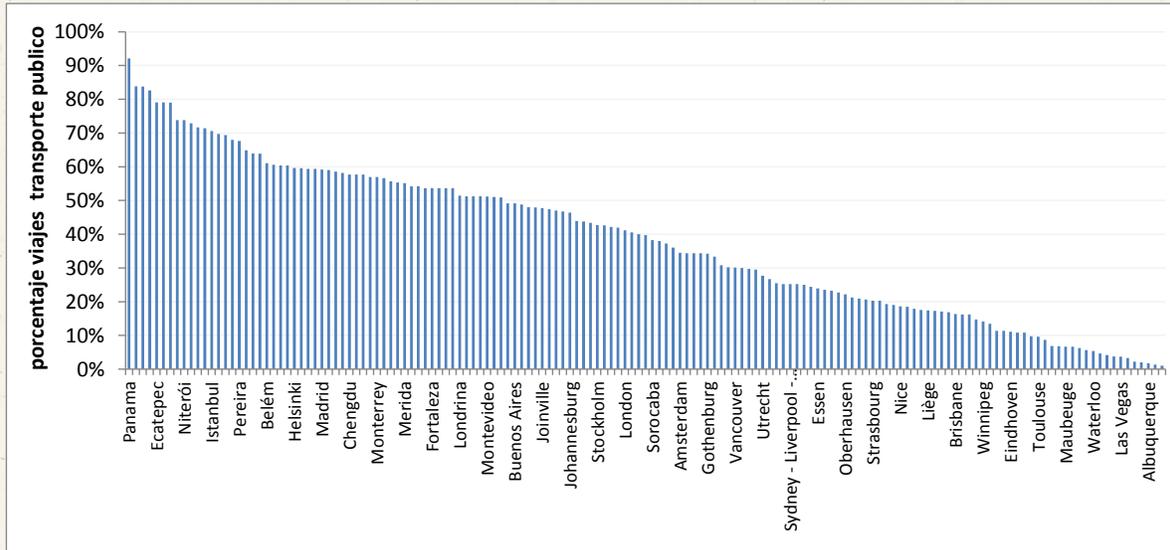


Figura 10: Partición modal del número de viajes en transporte público con respecto al total de viajes motorizados (día laboral). Fuente: Elaboración propia a partir de datos disponibles en (Global BRT Data 2015).

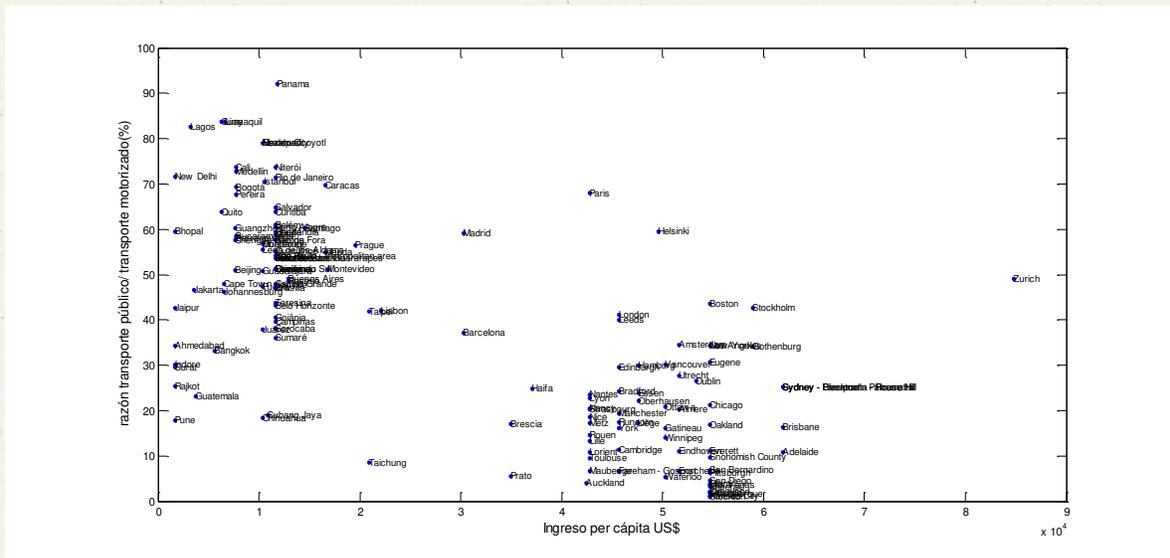


Figura 11: Partición modal del transporte público versus ingreso per cápita. Fuente: Elaboración propia a partir de datos disponibles en (Global BRT Data 2015). El cálculo de la partición modal no incluye los viajes no motorizados.

7.1.2 Barreras generales

A continuación se describen una lista de barreras asociadas al fomento del transporte público a nivel nacional:

- La mala calidad del servicio de transporte público (tiempos de viaje, confort, seguridad, etc.) que se observa en algunas ciudades del país incentiva el uso del automóvil u otras formas de transporte público que son menos eficiente en términos de consumo de energía por pasajero transportado (ejemplo: taxi colectivo).
- La falta de voluntad política para fomentar el transporte público también ha sido identificada como una barrera para aumentar de manera significativa la participación de este modo de transporte.
- La falta de infraestructura para el transporte público también ha sido identificada como una de las principales barreras para incentivar el uso de este medio de transporte. En este sentido, a continuación se analizan 2 casos particulares de tipos de infraestructura que tienen como objetivo aumentar la participación modal del transporte público: infraestructura para vías segregadas que favorezcan el transporte de buses e infraestructura para aumentar la cantidad de kilómetros de líneas de METRO.

7.2 Ventajas y oportunidades

Mejorar sustantivamente la calidad del transporte público y aumentar sustancialmente su participación modal tiene beneficios que van más allá de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, entre las cuales se destaca:

- Disminución de los niveles de contaminación de las ciudades y en el número de enfermedades respiratorias.
- Disminución de los tiempos de viajes.
- Mejoras en la calidad de vida.
- Disminución de la segregación social de las familias que no tienen acceso a un transporte público de calidad.
- Aumento de la plusvalía de las viviendas ubicadas en zonas cercanas a estaciones de METRO.

7.3 Infraestructura para el transporte buses y sistemas BRT

7.3.1 Descripción

A nivel internacional se observa un incremento en el número de sistemas BRT (en inglés *Bus Rapid Transport*). Este sistema consiste en la implementación de corredores exclusivos para buses físicamente separados del flujo vehicular y paraderos de buses con pago en el exterior del bus. Actualmente este sistema existe en Curitiba, Bogotá, Guatemala, Ciudad de México, Perú, etc. Los BRT financiados a través de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) estiman cambios de partición modal entre un 10% (Bogotá, Colombia) y un 28% (Chongqing, China). En algunas referencias bibliográficas se menciona que en Chile existen sistemas BRT, sin embargo, a opinión de algunos expertos consultados, lo que más bien existe son pistas segregadas de mediano o alto estándar, dependiendo del lugar en que se encuentran.

7.3.1.1 Tendencias internacionales

La siguiente figura muestra la implementación de este sistema a lo largo del mundo.

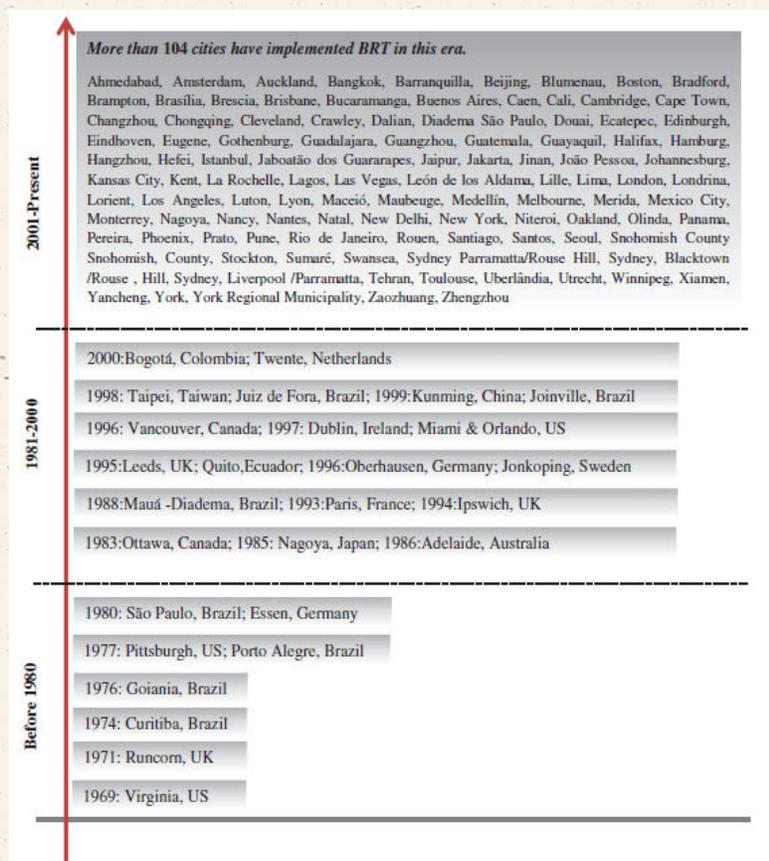


Figure 1: Sistemas BRT a lo largo del mundo. Fuente: (Wirasinghe et al. 2013)

7.3.2 Barreras

A nivel internacional, en (Wirasinghe et al. 2013) se identifica un conjunto de barreras asociadas a la implementación de sistemas BRT, entre las cuales se destaca: falta voluntad política para desarrollar este tipo de proyecto, inexistencia de operadores de buses, sesgos institucionales, falta de información, falta de capacidad institucional, falta de capacidad técnica, barreras financieras y limitaciones geográficas o físicas.

Varias de las barreras descritas en la literatura internacional también fueron identificadas a nivel nacional. Las barreras fueron identificadas a partir de la revisión bibliográfica y consultas a expertos del sector las cuales se describen a continuación:

- Espacio vial mal distribuido con una mayor proporción destinada al transporte en medios privados (automóvil). La modificación de la infraestructura vial (más espacio vial para buses y menos para automóvil) podría impactar significativamente en aumentar la demanda del transporte público. La disponibilidad de espacio vial para implementar esta infraestructura puede ser una barrera para su desarrollo.
- Falta de voluntad política para realizar cambios en la infraestructura vial y el impacto que podría tener sobre las personas que viajan en automóvil. La inversión para fomentar el transporte en buses podría no tener los réditos políticos, como sí lo podría tener, por ejemplo, la inauguración de nuevas líneas de METRO.
- La inversión por kilómetro construido en vías segregadas es mucho más baja que la inversión que se requiere para METRO. El costo por km para un sistema BRT es de aproximadamente 5 millones US\$, mientras que para METRO esa cifra asciende a 70 millones US\$/km. Existen opiniones divididas sobre si la falta de financiamiento es una barrera al desarrollo de este tipo de proyectos. Algunos expertos opinan que no existen barreras financieras y lo que más bien falta es darle una mayor prioridad. Otros expertos opinan que efectivamente la falta de financiamiento puede afectar el desarrollo de estos proyectos.

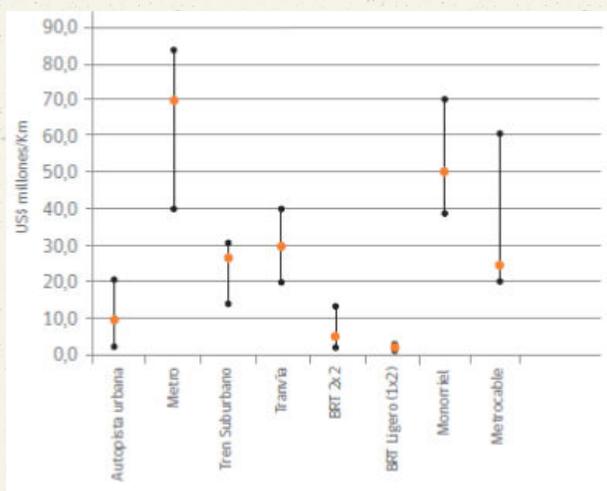


Figura 12: Costo de inversión por km para distintos modos de transporte. Fuente: (SECTRA 2014b).

- Falta de capacidad para ejecutar los proyectos que se encuentran aprobados. Por ejemplo, en Concepción en promedio se han construido 1.9 km por año entre 2002 y 2015. La tasa de construcción es bastante baja si se quiere fomentar de forma masiva este tipo de transporte.
- Las características geográficas de algunas ciudades puede afectar la introducción de sistemas del tipo BRT, por ejemplo, como ocurre en algunas zonas de Valparaíso. En este sentido, cobra importancia la integración de los distintos modos de transporte que están presentes en una ciudad.
- Para viajes cortos, el sistema BRT podría no tener ventajas significativas, en cuenta a tiempo y costo de viaje, con respecto al transporte en vehículos particulares.
- Uno de los principales co-impactos negativos que puede tener la implementación de sistemas BRT es la segregación social ocasionada por la separación física de las áreas urbanas divididas por el corredor. Asimismo, los comerciantes que están instalados cerca de estos sistemas también son reacios a aceptar estas inversiones.
- En algunas ciudades existe una alta participación de taxis colectivos y poca participación del transporte público mayor (Ejemplo: Copiapó, Iquique, Antofagasta). Si bien en términos energéticos el transporte colectivo es más eficiente que el transporte en automóvil, éste es menos eficiente que el transporte público mayor.

7.4 Infraestructura para transporte en METRO

7.4.1 Descripción

El METRO es uno de los medios de transporte más eficientes en términos de consumo de energía por pasajero transportado y menor emisión de gases de efecto invernadero. Esta medida consiste en aumentar masivamente la cantidad de kilómetros construidos de líneas de METRO en ciudades en donde ya existe este medio de transporte o la implementación por primera vez y su masificación en aquellas ciudades donde no exista. Actualmente en Chile los sistemas de METRO existen en Santiago, Valparaíso y Concepción.

7.4.1.1 Tendencias internacionales

En varias ciudades del mundo se ha optado por aumentar significativamente la cantidad kilómetros de METRO para efectos de aumentar la participación modal del transporte público. La siguiente tabla muestra la cantidad de kilómetros construidos para las ciudades que más han invertido en este tipo de infraestructura.

Tabla 15: km construidos de METRO para distintas ciudades del mundo. Cifras en revisión.

Ciudad	km construidos	Población (millón)	km por cada millón de habitante
Shanghái	420	23,9	17,6
Beijing	442	18,0	24,6
Londres	402	8,6	46,9
New York	370	19,0	19,5
Moscú	329	10,5	31,4
Seúl	327	9,8	33,3
Tokio	305	35,7	8,5
Madrid	286	5,6	51,4
Guangzhou	256	8,8	29,0
Paris	220	9,9	22,2
Delhi	215	15,9	13,5
Chongqing	203	6,5	31,4
Washington	190	7,0	27,1
Ciudad de México	180	19,0	9,5
Shenzhen	178	7,6	23,5
Hong Kong	178	7,2	24,7
Mumbai	171	19,0	9,0
San Francisco	167	3,5	48,4
Chicago	166	9,0	18,5

Singapur	151	4,4	34,0
Tehran	151	7,9	19,1
Berlín	147	3,4	43,2
Nanjing	142	3,7	38,7
Osaka	138	11,3	12,2
Tianjin	137	7,2	19,0
Busan	133	3,5	38,3
Taipei	131	2,6	50,5
Barcelona	119	4,9	24,3
Saint Petersburg	114	4,6	24,9
Estocolmo	106	1,3	83,9
Hamburgo	105	1,8	59,5
Dalian	104	3,2	32,7
Santiago	140	6,3	22,2
Milán	97	2,9	33,0
Wuhan	95	7,2	13,1
Munich	94	1,3	73,6
Nagoya	93	3,2	28,8
Istanbul	90	10,1	8,9
Bangkok	86	6,7	12,9
Daegu	81	2,5	33,0
Atlanta	79	4,5	17,6

7.4.2 Barreras

A continuación se describen un conjunto de barreras específicas al desarrollo de este tipo de infraestructura:

- El alto costo de inversión es considerado una de las principales barreras. El costo unitario por kilómetro construido es de aproximadamente 70 millones US\$ (SECTRA 2014b)¹⁴. Por tanto, construir 100 km adicionales de líneas de METRO tendrían un costo aproximado de 7.000 millones US\$.
- El METRO no es necesariamente la única solución socialmente rentable para llegar a todos los lugares de la ciudad. En ciudades en las cuales co-existen estos modos, el METRO y el transporte en buses son sistemas que podrían complementarse y operar de manera integrada. En Antofagasta, ciudad que actualmente no tiene sistema de transporte del tipo METRO, recientemente se evaluó la posibilidad de desarrollar este medio de transporte.

¹⁴ El costo de inversión por km construido es variable y depende si el METRO es de superficie, subterráneo, entre otras variables.

Los resultados de la evaluación terminaron por descartar esta opción y privilegiar un sistema del tipo BRT (corredor Bonilla). En el caso de la Región de Valparaíso, los niveles de servicio (tiempo de viaje) de los modos de transporte alternativos (buses) todavía no son muy inferiores comparados con los niveles de servicio que ofrece el METRO. Esta sería una de las principales barreras a la implementación de la extensión del servicio de trenes hacia Calera que reemplace a los buses de acercamiento.

- La evaluación social por la cual pasan los proyectos por el Sistema Nacional de Inversiones no considera ciertos co-impactos positivos que tiene este tipo de transporte, como por ejemplo, su contribución a la reducción de emisiones locales. En el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero, recientemente fue incorporada en la evaluación la reducción de emisiones y estas son valorizadas a un precio de 2213¹⁵ CLP\$/ton CO₂ (3,2 US\$/tCO₂ aproximadamente).
- Para sistemas que no se encuentran integrados, el transporte en METRO muchas veces compete con los buses por la demanda de pasajeros. Podrían existir barreras políticas debido a las consecuencias sociales que podría tener el reemplazo de buses por el sistema de METRO. Por ejemplo, en la ciudad de Concepción la extensión del Biotrén ha sido rechazada por el gremio de buses.
- La falta de integración de servicios y tarifas del METRO con otros modos de transporte puede significar una barrera al aumentar el costo total del trayecto de viaje. Por ejemplo, en Concepción no existe integración tarifaria entre el servicio de BIOTREN y el servicio de buses. En el caso de Valparaíso, la tarifa del METRO se encuentra integrada a los servicios de Trolebús y Ascensores, lo cual ha permitido bajar el costo de viaje para los usuarios. Sin embargo, no existe integración con el sistema de buses, excepto para para los buses de acercamiento hacia La Calera, Quillota y Limache Viejo.
- En algunas ciudades (por ejemplo, en Valparaíso) ha existido una falta de visión de largo plazo que considere al transporte en METRO como un eje estructurante del transporte público. Por ejemplo, en la licitación del transporte metropolitano de Valparaíso (TMV1) no se consideró al METRO como eje estructurante.

¹⁵ Precio social año 2015.

7.5 Secuencialidad

Como se comentó anteriormente, existe consenso entre los miembros del Grupo de Construcción de Visión en aumentar significativamente la partición modal del transporte público. Los efectos de la introducción masiva de este tipo de transporte se esperan para el mediano y largo plazo. A continuación se describen algunos elementos de visión a considerar durante la implementación de esta medida.

Porcentaje de partición modal del transporte público en el largo plazo: Aumentar la partición modal del transporte público a un 70% u 80% pareciera ser un objetivo deseable, sin embargo, la factibilidad de alcanzar esto se ve lejana, incluso para el largo plazo. Alcanzar una meta de partición modal en la cual el transporte público tiene una participación mayor igual a la del transporte privado pareciera ser un objetivo más razonable, e incluso ambicioso.

Tipo de transporte público: Durante el desarrollo del proyecto MAPS Chile no hubo espacio para discutir en detalle el tipo de transporte público que se debiera privilegiar en una ciudad (buses, METRO, trenes de superficie, etc.). La revisión bibliográfica nacional muestra que existen opiniones divididas sobre el tipo de transporte público que se espera para el largo plazo para las distintas ciudades del país. Sin embargo, pareciera que existe un mayor consenso en avanzar hacia una mayor integración de los distintos modos de transporte (motorizados y no motorizados). Por ejemplo, no hay consenso sobre cuántos kms adicionales de líneas de METRO se requieren para las ciudades de Santiago, Valparaíso o Concepción. En el caso de Santiago, mientras hay algunos expertos del sector que plantean que se debiera privilegiar este modo de transporte y al año 2040 se debería duplicar la red actual (alcanzar 300 km de líneas), hay otros que opinan que se deberían implementar otras medidas tales como mejorar la infraestructura para el transporte en buses, mejorar la interconexión modal de los distintos tipos de transporte (bus-metro, bicicleta-metro, etc.) y desarrollar infraestructura para modos no motorizados. Asimismo, se plantea que el METRO no es la solución socialmente rentable para abastecer la demanda de transporte de toda una ciudad. En el caso de Valparaíso, algunos expertos esperan que Merval alcance una demanda de aproximadamente 60 millones de pasajeros al año 2035. Este aumento de demanda no considera potenciales extensiones de nuevos servicios hacia la Calera, Reñaca y Concón.

Integración adecuada de los sistemas de transporte y con el entorno: La inversión en infraestructura, por ejemplo, para implementar sistema BRT, debe integrarse adecuadamente con el resto de los sistemas de transporte de una ciudad. Un mal diseño de un BRT podría tener co-impactos negativos para la ciudadanía (segregación social).

Integración tarifaria: Se debe avanzar hacia la integración tarifaria de los distintos modos de transporte (Por ejemplo, Santiago: BUS+METRO+BICICLETA, Valparaíso: ASCENSOR+BUS/TROLEBUS+METRO)

8. Promoción del uso de modos no motorizados de transporte

8.1 Descripción

En el corto, mediano y largo plazo se espera que la promoción de los usos de transporte no motorizado tenga una contribución importante en la reducción de emisiones de GEI. La planificación y desarrollo de las ciudades deberá considerar la integración de estas formas de transporte. Asimismo, no se debiera perder de vista la importancia que tiene el modo caminata en la realización de viajes no motorizados y evitar a futuro que modos motorizados empiecen a reemplazar estos viajes de distancia corta.

La siguiente tabla muestra la infraestructura en ciclovías actual disponible para algunas ciudades del país. Los resultados muestran que la infraestructura actualmente disponible es baja.

Tabla 16: Catastro de km de ciclovías actuales (Fuente: Agenda de proyectos de inversión para transporte urbano, 2013). Cifras en revisión.

Ciudad	km de ciclovías
Iquique	1,0
Antofagasta	10,3
Copiapó	0,2
Coquimbo-La Serena	6,0
Valparaíso-Viña del Mar	0,9
Rancagua	18
Talca	0,72
Concepción	121
Los Ángeles	25
Temuco	21
Puerto Montt	2,7
Coyhaique	0,76
Punta Arenas	8,5
Región Metropolitana (2013)	252 ¹⁶

8.1.1 Tendencias internacionales

A nivel internacional se observan que existen ciudades con políticas de masificación del transporte en bicicleta. En algunos casos la participación modal supera el 20% y en las ciudades de mayor participación el uso de la bicicleta alcanza incluso el 45%. La siguiente muestra la participación modal del modo de transporte bicicleta para distintas ciudades del mundo.

▪ ¹⁶ En el año 2008: 43 km¹⁶

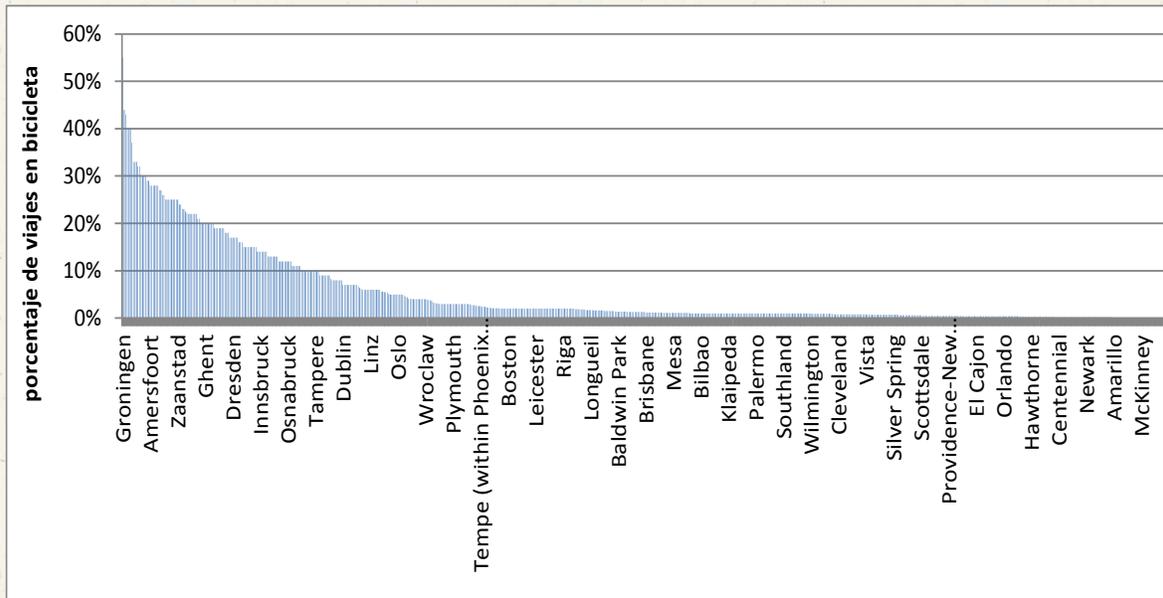


Figure 2: Participación de viajes en modo bicicleta. Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida en <http://www.cityclock.org/urban-cycling-mode-share/#.VLZ83PmG8vw>

8.2 Barreras y desafíos

En (de Souza et al. 2014) se analizan las barreras asociadas al uso del transporte en bicicleta. Los resultados se obtuvieron luego de la aplicación de una encuesta a un grupo de estudiantes de una universidad pública de Brasil. Las siguientes barreras fueron identificadas como limitantes para usar este modo de transporte: falta de infraestructura adecuada, falta de seguridad, largo y tiempo de viaje, estado físico del ciclista, topografía del camino y condiciones climáticas. Los resultados de la encuesta muestran que el principal elemento de disuasión contra el uso de la bicicleta fue la falta de una adecuada infraestructura, seguido por la falta de seguridad y las condiciones topográficas del camino.

A continuación se realiza una breve descripción de las barreras identificadas a nivel nacional, las cuales coinciden con las barreras identificadas en la referencia bibliográfica:

- Falta de infraestructura adecuada para el transporte: La falta de infraestructura se caracteriza por la ausencia de ciclovías, la falta de interconexión de ciclovías que impiden darle continuidad a los viajes y la presencia de ciclovías pero con bajos estándares de construcción que no garantizan la seguridad de los ciclistas. El Plan Maestro de Ciclovías de la Región Metropolitana y el Plan Nacional de Ciclovías son un avance en esta materia ya que estos proyectos buscan desarrollar ciclovías de alto estándar y asegurar la continuidad de los trayectos.

- Seguridad y riesgo de accidentes: La falta de seguridad está muy relacionada con el punto anterior. La falta de infraestructura puede tener como consecuencia que el viaje se realice en una vía dedica para vehículos y motociclistas, aumentando la probabilidad de accidente. Asimismo, los viajes realizados durante horas sin luz natural (muy temprano en la mañana o en la tarde/noche) puede constituir una barrera para potenciales usuarios. En algunas ciudades se observa que las políticas de construcción de ciclovías van acompañadas con metas de reducción de accidentes, como es el caso de la ciudad de Copenhague donde el aumento de ciclovías no ha traído consigo un aumento de la tasa de accidentes, sino que al contrario, ha bajado, como se muestra en la siguiente figura (The Cycling Embassy Of Denmark 2012).

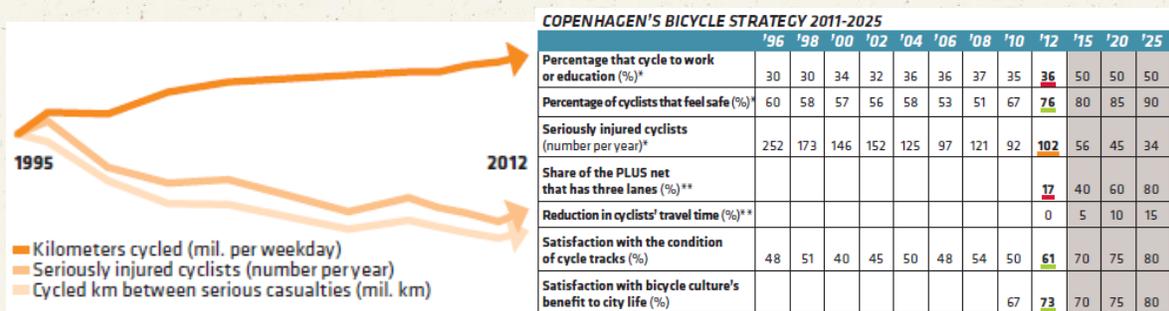


Figura 13: Evolución de km construidos y cantidad de accidentes graves en la ciudad de Copenhague. Fuente: (The Cycling Embassy Of Denmark 2012)

- Distancia del viaje. La distancia del viaje puede constituir una barrera para el uso de la bicicleta. Considerando una velocidad promedio entre 15 a 20 km/hr, se estima que un viaje de 10 km se podría realizar entre 30 y 40 minutos. Para el caso de la Región Metropolitana, la última Encuesta Origen Destino del año 2012 (SECTRA 2014a) muestra que la distancia promedio de viaje en bicicleta es menor a 5 km (ver tabla siguiente). En (Kappo 2015) se muestra que la distancia de viaje promedio también es inferior a 10 km.



Figura 14: Kilómetros diarios recorridos por ciclistas en Santiago. Fuente (Kappo 2015)

Tabla 17: Distancia de viaje promedio en hora de punta y un día laboral. Fuente: (SECTRA 2014a)

Modo Agregado	Distancia Media (km) de viaje por modo y periodo				
	PM1	PM2	FP	PT	TODOS
Auto	12,7	7,3	7,9	9,4	8,3
Bus TS	10,6	7,5	7,0	9,1	8,0
Bus no TS	16,6	13,8	10,5	17,8	15,2
Metro	11,9	9,5	8,2	9,8	9,1
Taxi Colectivo	8,1	4,3	4,3	4,6	4,7
Taxi	7,6	4,2	3,5	3,9	4,2
Bus TS - Bus no TS	24,1	22,1	30,3	22,4	22,1
Auto - Metro	18,3	16,1	14,1	15,8	16,3
Bus TS - Metro	17,7	15,3	14,2	16,4	15,6
Bus no TS - Metro	36,9	40,4	53,1	37,4	38,9
Taxi Colectivo - Metro	15,8	15,8	13,6	16,4	14,8
Taxi - Metro	11,8	9,4	7,5	10,5	10,3
Otros - Metro	31,1	25,3	8,6	32,0	26,6
Otros - Bus TS	19,5	13,9	13,7	17,9	16,3
Otros - Bus TS - Metro	29,2	34,6	29,1	27,7	30,1
Otros	13,0	4,9	6,8	9,4	6,3
Caminata	1,1	0,6	0,4	0,4	0,5
Bicicleta	4,7	3,0	1,9	2,5	2,3
Todos	13,0	6,2	4,6	6,7	6,0

- La siguiente figura muestra la distribución de la distancia recorrida para viajes realizados en transporte privado. El 30% de los viajes tiene una distancia recorrida menor a 5 km y el 50% de los viajes tiene una distancia menor a 10 km. Esto da cuenta del potencial teórico de la cantidad de viajes motorizados que se podrían reemplazar con el modo bicicleta.

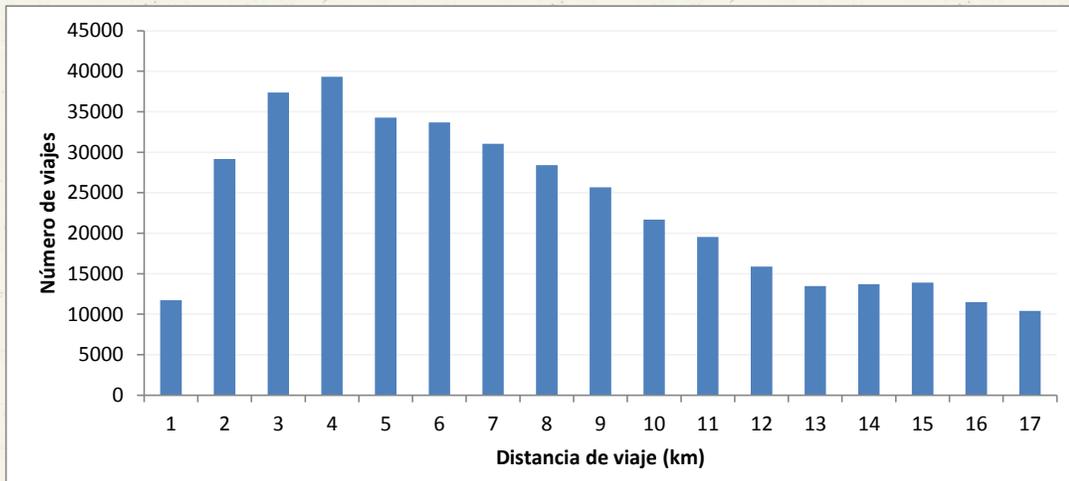


Figura 15: Distribución de distancia recorrida para viajes en transporte privado. Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por SECTRA.

- No obstante el punto analizado anteriormente, la integración con otros modos de transporte, por ejemplo, con METRO o buses, ayudaría a mitigar esta barrera. Por ejemplo, actualmente hay sistemas de bicicletas públicas cerca de las estaciones del METRO de Santiago. Asimismo, en el METRO de Valparaíso permite el traslado de bicicletas al interior de los vagones. Además, el uso de bicicletas eléctricas también ayudaría a mitigar esta barrera al permitir traslados de mayor distancia.

- Falta integración de sistemas tarifas: La falta de integración de tarifas de los distintos modos de transporte o la falta de integración de tarifas de distintos sistemas públicos de bicicletas, pero de concesionarios distintos, puede constituir una barrera al fomento del uso de la bicicleta al aumentar el costo de viaje. Por ejemplo, actualmente no existe integración tarifaria entre el sistema de bicicletas públicas de la comuna de las Condes con el sistema utilizado en las comunas de Santiago, Providencia y Vitacura¹⁷.
- Actualmente se observa conflicto social entre los usuarios de bicicletas, peatones y choferes de automóviles, lo que podría ser una limitante para el crecimiento armónico de las ciudades. Se observa como desafío avanzar hacia una cultura cívica del respeto por todos los modos de transporte.
- Se requieren mejoras a la regulación actual, lo cual tiene implicancias tanto para los usuarios de bicicletas como para los conductores de vehículos motorizados. En este sentido, se considera un avance la tramitación del proyecto de ley liderado por el Ministerio de Transportes que busca reducir la velocidad en zonas urbanas y la estipulación de exigencias para ciclistas, automovilistas, motoristas y peatones. Por ejemplo, los ciclistas no podrán transitar por la veredas y los automovilistas deberán respetar una distancia de 1,5 metros para adelantar a un ciclista.
- Educación y cultura: En algunas comunas como Talca y Curicó se observa que, sin existir una gran disponibilidad de infraestructura, la participación del modo bicicleta es bastante alta. La falta de educación y razones culturales podrían limitar la masificación de este modo de transporte.
- Falta de espacio urbano: La falta de disponibilidad de espacio urbano se puede constituir en una barrera para desarrollar más ciclovías en algunas ciudades. Por ejemplo, ver análisis para Santiago en (CEDEUS 2015).

¹⁷ Ver más detalles en http://www.intendenciametropolitana.gov.cl/n7302_15-01-2015.html

8.3 Secuencialidad

La inversión requerida para infraestructura de ciclovías es del orden de 0,3 millón US\$/km. El bajo costo de inversión (en comparación con otros tipos de infraestructura) y sus bajos tiempos de implementación, hacen que los resultados de esta medida se esperen para el corto plazo. A nivel nacional se han realizado una serie de estudios que dan cuenta de las expectativas de corto plazo para la masificación de este medio de transporte. En (Plan Nacional de Ciclovías, 2014) se considera la construcción de 179.2 km de ciclovías de alto estándar en los próximos 3 años. El Plan Maestro de Ciclovías tiene contemplado la construcción de 952 km al año 2022 (GORE 2012). En (SECTRA 2013) se analiza la construcción de 295 km adicionales para la conurbación del Gran Concepción y la ciudad de Los Ángeles. En la Fase 2 del proyecto MAPS Chile se propuso la construcción de hasta 3.000 km adicionales de ciclovías a lo largo de todo el país. Si bien, los estudios nacionales que se han realizado son bastantes optimistas, todavía están lejos de alcanzar la meta propuesta durante la fase anterior de este proyecto.

La habilitación de estacionamientos para bicicletas, el fomento al uso de la bicicleta pública y la integración de este medio de transporte son otras medidas que se deben implementar para fomentar la masificación de este medio de transporte.

Las siguientes figuras resumen distintas iniciativas que pueden contribuir a la introducción masiva de este medio de transporte.



Figura 16: (a) construcción de ciclovías donde anteriormente existían estacionamiento para vehículos particulares. (b) estacionamiento de bicicletas ubicadas cerca de estaciones de METRO; (c) uso de bicicletas públicas; (d) integración poco convencional con otros modos de transporte.

9. *Smart mobility* y uso de las tecnologías de la información

9.1 Descripción

El uso de las tecnologías de la información y el desarrollo de sistemas inteligentes podría tener un impacto indirecto en la reducción de las emisiones de GEI. Las tecnologías de la información contribuyen a las actividades de logística, el teletrabajo, las teleconferencias, el control de la iluminación y al desarrollo de las ciudades inteligentes (Smart-cities en inglés). En (Funk 2015) se analiza como el uso de GPS y celulares inteligentes puede incrementar el uso del transporte público al proporcionar información en línea a los usuarios de este medio. También se menciona como el uso de celulares inteligentes puede contribuir a la masificación de sistemas de autos autónomos y compartidos, al uso de bicicletas públicas y a la integración de estos modos de transporte con otros. Se propone que el uso de vías exclusivas para el transporte de vehículos autónomos podría aumentar la capacidad de las calles y mejorar la eficiencia energética de los vehículos. Por último, se menciona como las mejoras en los microprocesadores y la electrónica de potencia ayudará a reducir los costos de los vehículos eléctricos.

A nivel nacional se observa que el uso de las tecnologías de la información ya está siendo integrado como parte de las políticas regionales. Por ejemplo, se destaca la Estrategia de Ciudad Inteligente desde la Movilidad Chile 2020¹⁸, iniciativa de la Unidad de Ciudades Inteligentes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

A continuación se describen los casos particulares de 2 tipos de tecnologías que en el futuro podrían tener un importante rol en los sistemas de transporte y en la mitigación del cambio climático: introducción de vehículos autónomos y masificación del uso de automóviles públicos y viajes compartidos.

¹⁸ <http://www.ciudadesinteligentes.cl/>



Figura 17: Representación de *smart mobility* y uso de las tecnología de la información. Fuente: MIT. Designing Future Urban Mobility at Senseable City Lab.

9.2 Vehículos autónomos

9.2.1 Descripción

Con los avances tecnológicos y el uso de las tecnologías de la información se espera que a futuro los vehículos sean cada vez más inteligentes y la intervención del conductor sea cada vez más marginal. La menor congestión, el aumento de la velocidad promedio de traslado, y una menor cantidad de aceleraciones y frenados, tienen como consecuencia un aumento en la eficiencia del vehículo y la consiguiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por km recorrido. En (Fagnant & Kockelman 2015) se estima que el uso de los vehículos autónomos podría aumentar la eficiencia entre un 23% y un 39%.

9.2.1.1 Tendencias internacionales

Desde 2009 que Google viene probando sus dispositivos de software y hardware en vehículos de la marca Toyota, Audi y Lexus. En el largo plazo se espera que esta gigante de las tecnologías de la información desarrolle su propia marca de automóviles.

9.2.2 Riesgos, desafíos y barreras

En (Fagnant & Kockelman 2015) se describen las siguientes barreras a la masificación de esta tecnología:

- **Madurez tecnológica:** Es una tecnología que todavía está en etapa de desarrollo.
- **Elevados costos de inversión:** Un vehículo autónomo actualmente costaría más de 70.000 US\$ en Estados Unidos.
- **Legales:** Existencia de vacíos legales sobre quién asume la responsabilidad en accidentes donde los vehículos autónomos estén involucrados (Schellekens 2015) (¿El fabricante? ¿El dueño del vehículo?).

- **Regulatorios:** Se requerirían cambios regulatorios para obtener la licencia de conducir de este tipo de vehículos.
- **Seguridad:** Problemas de seguridad debido a potenciales ataques de hackers.
- **Dependencia:** Alta dependencia con las redes de datos de internet.
- **Calidad de la información disponible:** Se requieren mapas georreferenciados de alta calidad.

9.2.3 *Ventajas y oportunidades*

Se identifican las siguientes ventajas y oportunidades:

- Disminución del número de accidentes de tránsito. En (Fagnant & Kockelman 2015) se muestra que el 93% de los accidentes de tránsito se deben a errores humanos.
- Disminución de la demanda por estacionamientos (Zhang et al. 2015).
- Disminución de la congestión en carreteras. Sin embargo, la disminución del tráfico en las calles podría inducir el uso de vehículos particulares por parte de otros usuarios.
- Durante el trayecto se puede aprovechar el tiempo de viaje para realizar otras actividades, tales como, trabajar en el computador, revisar correo electrónico, enviar mensajes, etc.

9.2.4 *Secuencialidad*

Los vehículos autónomos todavía están en etapa de desarrollo por lo que su introducción en el mercado nacional se espera para el mediano y largo plazo. En (Fagnant & Kockelman 2015) se menciona que a partir del 2020 los vehículos autónomos podrían estar a la venta.

9.3 Automóviles públicos y viajes compartidos

9.3.1 Descripción

Aumentar la tasa de ocupación de los vehículos puede tener un importante impacto en la reducción de las emisiones de GEI. De acuerdo a la última Encuesta Origen Destino de la Región Metropolitana, la tasa de ocupación promedio de un vehículo particular es de 1,5 personas; es decir, dos vehículos, con una capacidad típica de 5 personas cada uno, transporta en promedio 3 personas (de un máximo teórico de 10 personas). A nivel nacional este tipo de servicios actualmente es provisto por taxis colectivos los cuales tienen un rol importante en el transporte de personas, principalmente en regiones, los cuales muchas veces compiten con el transporte público mayor. El uso de vehículos compartidos se puede enmarcar dentro de una tendencia más global como lo son las economías o consumos compartidos. En (Cohen & Muñoz 2015) se analiza cómo estas tendencias pueden contribuir hacia el desarrollo de ciudades más sustentables.

9.3.1.1 Tendencias internacionales

El uso de automóviles públicos y los viajes compartidos son tendencias que han crecido en el último tiempo y se estima que a nivel mundial existen más 600 proveedores de ese tipo de servicio (Cohen & Muñoz 2015). A nivel internacional se observan distintos formatos de introducción de este tipo de servicios. Por una parte, existen compañías propietarias de flotas de vehículos quienes dejan éstos a disposición para los usuarios (vehículos públicos) en lugares estratégicos dentro las ciudades. Las personas, previamente inscritas, pueden tomar estos vehículos (o arrendar con algún tiempo de anticipación), conducirlos y pagar solo por la cantidad de tiempo utilizado o kilómetros recorridos. Funcionan de manera similar a como funcionan los sistemas de bicicleta pública. A diferencia de los servicios de taxis, los propios usuarios son los que manejan el vehículo. Ejemplo de compañías internacionales que ofrecen este servicio son Car2go¹⁹ y Zipcar²⁰. Una de las desventajas de este modelo de negocios es que la tasa de ocupación del vehículo no cambia con respecto a haber realizado un viaje en un vehículo particular.

Los viajes compartidos (en inglés se conocen las modalidades *carpooling* y *ridesharing*) es otra variante de uso de vehículos compartidos, sin embargo, a diferencia del caso anterior, aquí se busca aumentar la tasa de ocupación de los vehículos y son los mismos dueños de los vehículos quienes ofrecen este servicio. Este tipo de servicios se ha masificado con el uso de las tecnologías de la información. Actualmente existen empresas intermediarias las cuales a través de sus páginas web facilitan el contacto entre conductores que ofrecen su vehículo para compartir el viaje con pasajeros interesados en aprovechar este tipo servicio. Ejemplo de estas empresas que operan a

¹⁹ <https://www.car2go.com>

²⁰ <http://www.zipcar.com/>

nivel nacional son Yebame²¹ y Tripda²². A nivel internacional este tipo de servicios es ofrecido por empresas como Uber²³ y Lyft²⁴.

9.3.2 Riesgos, desafíos y barreras

A continuación se describen algunas barreras identificadas para este tipo de servicios:

- **Falta de regulación:** En Chile no existe la legislación adecuada que regule este tipo de transporte y sea considerado como un transporte de pasajeros legal. Una de las principales preocupaciones de este tipo de servicios es que sea utilizado como un medio para generar lucro, tal como lo hacen otros medios de transporte público como lo son los taxis privados y taxis colectivos. A nivel internacional se observa que se ha avanzado en regularizar este tipo de servicios. Por ejemplo, en Estados Unidos se encuentra regulada la tarifa máxima que se puede cobrar. En Alemania la legislación permite este tipo de transporte siempre y cuando la tarifa cobrada no supere el costo del viaje.
- **Sociales:** Oposición del gremio de taxis privado y colectivo ya que este tipo de servicio representa una competencia para su negocio. Asimismo, podrían existir asimetrías en las exigencias normativas para operar. Los taxis colectivos y privados deben cumplir con varios requisitos que no serían exigidos para las personas particulares que ofrecen el servicio de vehículo compartido.
- **Riesgos:** La persona que ofrece este tipo de servicio está expuesto a sufrir un accidente que no está cubierto por el seguro laboral. Por ejemplo, si el viaje se realiza cuando se pasa a buscar un pasajero fuera de la ruta hacia el lugar de trabajo.
-

9.3.3 Ventajas y oportunidades

Algunas ventajas identificadas a este tipo de transporte son las siguientes:

- Disminución del gasto en transporte al socializar el costo entre los distintos pasajeros del vehículo.
- Puede fomentar a que disminuya la tasa de motorización.
- Disminución de la demanda por estacionamientos.

²¹ <http://yeba.me/>

²² <https://www.tripda.cl>

²³ <https://www.uber.com/>

²⁴ <https://www.lyft.com/>

10. Introducción de vehículos de baja o cero emisiones (automóviles)

10.1 Descripción

Los vehículos de cero o baja emisión se caracterizan por tener emisiones de CO₂ muy inferiores a las emitidas por los vehículos tradicionales que utilizan como combustible gasolina o diésel. Dentro de esta categoría se incluyen los vehículos eléctricos, híbridos, híbridos plug-in, de celdas de combustible, gas natural comprimido (GNC) y gas licuado vehicular. El mercado automotriz chileno tiene una participación muy baja de estos vehículos, solo destacándose la participación que tienen los vehículos a GLP y GNC en los taxis privados.

10.1.1 Tendencias internacionales

En el informe Energy Outlook Perspective (Agencia Internacional de Energía 2014) se proyecta que para cumplir con la meta global de estabilización de incremento de temperatura, el 50% de los vehículos nuevos que ingresarán al mercado serán de baja o cero emisión, y en el año 2050 el 100% de los vehículos nuevos será de baja emisión, teniendo una participación importante los vehículos eléctricos, los vehículos de celdas de combustibles y los vehículos híbridos plug-in.

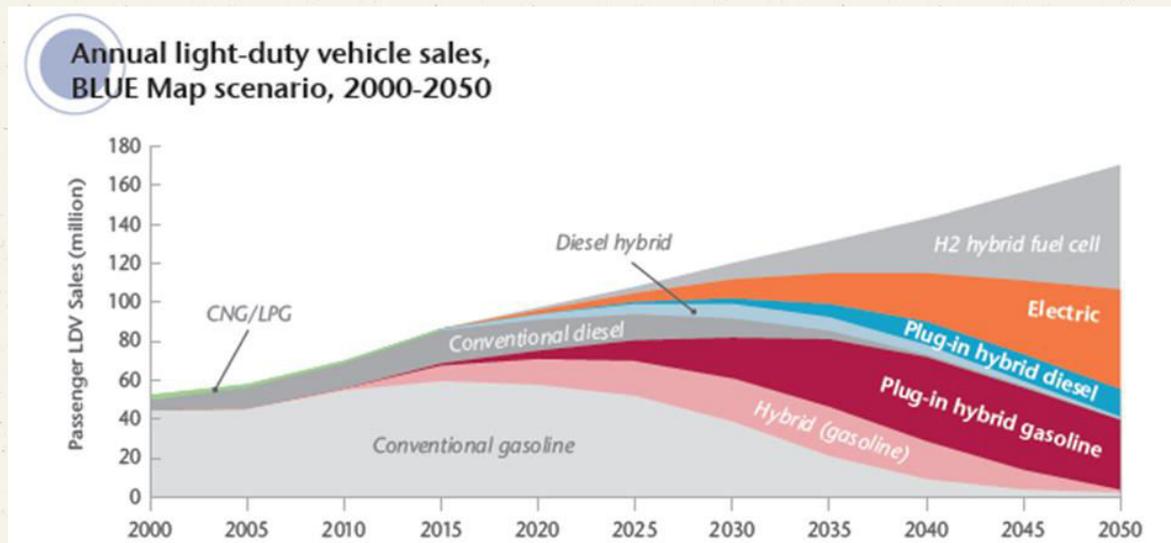


Figure 3: Venta de vehículos a nivel mundial.

A continuación se analiza con mayor detalle las barreras asociadas a la introducción de vehículos eléctricos y vehículos de celda de combustible.

10.2 Vehículos eléctricos

10.2.1 Descripción

Un automóvil eléctrico es aquel que es movilizado por motor eléctrico, y alimentado por un conjunto de baterías. Para su funcionamiento, las baterías deben ser recargadas a través de su conexión a la red eléctrica del hogar o en una electrolinera.

10.2.2 Riesgos, desafíos barreras

A continuación se describen las principales barreras asociadas a la masificación de esta tecnología:

- **Alto costo de inversión:** Los vehículos eléctricos son una tecnología madura, sin embargo, la principal barrera para su entrada masiva en el mercado es su elevado costo de inversión en comparación con los vehículos tradicionales, lo cual se explica principalmente por el elevado costo del sistema de baterías. A modo de referencia, el modelo Nissan LEAF cuesta aproximadamente 25.000 US\$ en Estados Unidos (más de 15 millones de pesos chilenos) y el costo de la batería representa aproximadamente el 50% de ese valor. En la siguiente figura se muestran algunas proyecciones del costo del sistema de almacenamiento. Actualmente este costo varía entre 800 y 1000 US\$/kWh. El Nissan LEAF tiene una batería de capacidad de 24 kWh, la cual costaría aproximadamente 14.000 US\$. Las proyecciones optimistas estiman que el costo de la batería se podría reducir hasta 200-300 US\$/kWh, es decir, aproximadamente 7.000 US\$. Incluso para este escenario optimista el costo del vehículo eléctrico no bajaría de los 18.000 US\$ (más de 10 millones de pesos chilenos), lo cual es un precio elevado para el mercado chileno considerando que los vehículos más vendidos varían entre 6 y 7 millones de pesos chilenos. Si bien la evaluación correcta debiera considerar los ahorros de combustibles, el análisis costo-beneficio no es suficiente para fomentar la entrada de vehículos más eficientes al mercado nacional.

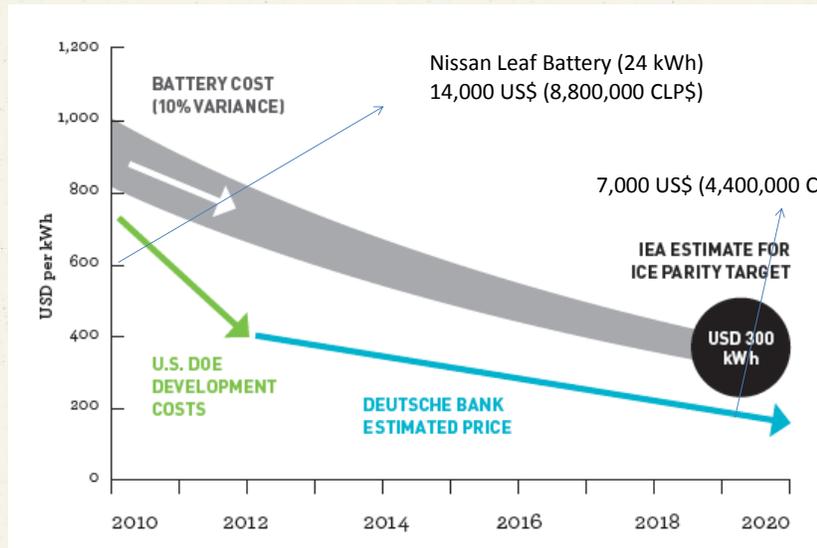


Figure 4: Proyección del costo de batería de Lion-Litio expresado en US\$/kWh. Fuente: Basado en figura disponible en (Clean Energy Ministerial 2013)

- Autonomía y tiempo de recarga:** La autonomía y tiempo de recarga son las principales preocupaciones para los consumidores de este tipo de tecnología. Para superar esta barrera, en Estados Unidos la empresa Tesla ha avanzado en desarrollador súper cargadores que permitirían cargar el vehículo en pocos minutos. Asimismo, se ha avanzado en distribuir a lo largo de todo el país una red de súper cargadores.



Figura 18: Red de súper-cargadores de la empresa Tesla en Estados Unidos. Fuente: Tesla.

- Falta de infraestructura:** Relacionado con el punto anterior, podrían existir barreras para la implementación de electro lineras. La falta de terrenos, el elevado costo de uso de suelo en algunas ciudades, la disponibilidad vial y conflictos con las distribuidoras de combustibles fósiles podrían limitar el acceso a estaciones de carga. En este



Figura 19: Recarga de vehículos eléctricos sin necesidad de detenerse ni conectarse a la red eléctrica.

sentido, lo ideal sería utilizar las estaciones de servicio que existen actualmente, sin embargo, no existe una obligación legal para que estas estaciones ofrezcan el servicio de recarga. Existen estudios en etapa emergente y de prefactibilidad para el desarrollo de cargadores inductivos que no requerirían de conexión eléctrica (Yong et al. 2015). La siguiente figura muestra un proyecto que actualmente se está desarrollando en Inglaterra²⁵ para cargar vehículos eléctricos sin necesidad de detenerse ni conectarse directamente a la red de suministro.

- **Capital humano:** Se detecta una falta de mano de obra calificada preparada para la inserción de nuevas tecnologías. Preparación de nuevos estudiantes a través de modificaciones de la mallas de estudio de carreras técnicas, universidades, etc. Regulación y desarrollo de capacidades para contar la expertiz técnica adecuada que de garantía del buen funcionamiento de los vehículos, por ejemplo, en los servicios de mantenimiento.
- **Cambio normativo:** La legislación actual no tiene barreras normativas para la entrada de este tipo de vehículos. Sin embargo, si la penetración de vehículos de baja o cero emisión se fomenta a través de una norma de emisiones de CO₂ o de rendimiento, tal como se ha hecho en Europa, Japón, Estados Unidos, México, China y Corea del Sur, se requerirían cambios normativos a la ley vigente²⁶.
- **Incremento de la capacidad instalada de generación:** La masificación de este tipo de tecnología aumentará la demanda eléctrica, por lo que se requiere incrementar la capacidad de generación, lo que a su vez trae consigo un aumento de la presión por el desarrollar nuevos proyectos.
- **Impacto sobre la red eléctrica:** La introducción masiva de vehículos eléctricos podría tener los siguientes efectos negativos sobre la red que deberían ser estudiados para el caso de Chile: aumento de la demanda de punta, aumento de la cantidad de armónicas, caídas de voltaje, aumento de las pérdidas, sobrecarga de equipos (por ejemplo, transformadores de distribución) y problemas de estabilidad (Yong et al. 2015).
- **Medio ambientales:** Tratamiento de desechos de baterías (para vehículos eléctricos).

10.2.3 Ventajas y oportunidades

- **Dependencia energética:** Reducción de dependencia de combustibles importados.
- **Servicios complementarios:** El sistema de baterías de los vehículos eléctricos podría estar disponible para aportar reserva de energía a la operación de los sistemas eléctricos (servicio complementario). La energía almacenada podría compensar las variaciones de generación y restablecer el balance generación-demanda. Sin embargo, para que esto sea

²⁵ <http://www.citylab.com/commute/2015/08/the-uk-is-testing-roads-that-recharge-your-electric-car-as-you-drive/401276/>

²⁶ Fuente: Centro Mario Molina, 2014. Asesoría para el diseño de un mecanismo que permita establecer metas de rendimiento para el promedio del parque de vehículos que ingresan al mercado.

efectivo, se debe contar con la infraestructura necesaria para que los vehículos que se encuentren estacionados puedan conectarse a la red y aportar este servicio. Para esto además se requiere que los vehículos cuenten con cargadores del tipo bidireccional. Es importante destacar que la mayoría de los estacionamientos de edificios, locales comerciales, estacionamientos privados, etc., no cuentan con las instalaciones eléctricas necesarias para que los vehículos se conecten a la red.

- **Otros servicios relacionados con la operación de la red eléctrica:** Disminución de los peaks de potencia a partir del aprovechamiento de la energía almacenada en el sistema de baterías. Asimismo, los sistemas de baterías podrían ayudar a gestionar el uso de la energía durante el día, por ejemplo, aprovechando los excesos de energía que se podrían producir en escenarios de alta penetración de energías



Figura 20: Uso de energía solar para carga de vehículos eléctricos.
Fuente: <http://cleanfuelconnectionnews.com/>

- renovables variables (por ejemplo, aprovechando excesos de energía solar) o permitiendo el almacenamiento de energía en periodos donde el precio de la energía es bajo y para que posteriormente esta pueda ser inyectada a la red en periodos donde el precio de la energía es alto.
- **Fomento a la innovación:** A diferencia de lo que ocurre con los vehículos a gasolina y diésel, el desarrollo de vehículos eléctricos ha fomentado la innovación a nivel local. Por ejemplo, en la siguiente figura se muestran dos vehículos eléctricos de tamaño pequeño, (modelo Lufke y Soki) ambos desarrollos por la empresa chilena Voze²⁷. Los vehículos eléctricos de pequeño tamaño permiten reducir el costo de inversión lo cual ayuda a derribar una de sus principales barreras. El modelo Soki tiene una autonomía de 60 km y su batería se puede recargar en 3 horas. Se espera que sea vendido a precio de 12.000 US\$. Una de las desventajas de estos modelos es que, en caso de accidentes, puede resultar más riesgoso para sus ocupantes.

²⁷ <http://www.voze.cl/index.htm>



Figura 21: Vehículos eléctricos de pequeño tamaño.

10.3 Vehículos de celdas de combustible

10.3.1 Descripción

El funcionamiento de un vehículo de celda de combustible es similar al de un vehículo eléctrico, salvo que en este caso la energía que alimenta al motor eléctrico es suministrada por las celdas de combustibles. Las celdas de combustibles necesitan hidrógeno y oxígeno comprimido para producir electricidad y agua. El hidrógeno es suministrado en estaciones de servicio y almacenado al interior del vehículo en estanques especialmente diseñados para este tipo de combustible. En estricto rigor, las celdas de combustibles pueden utilizar otros tipos de combustibles como gas natural, metanol y etanol, sin embargo, en este informe se analiza el caso particular del hidrógeno. Estos vehículos también cuentan con un sistema de baterías para aprovechar la energía disipada durante el frenado y asistir el vehículo durante requerimientos intensos de potencia. La capacidad de la batería es pequeña y generalmente menor a 1 kWh (Wind 2016). El hecho de incorporar esta batería hace que este vehículo

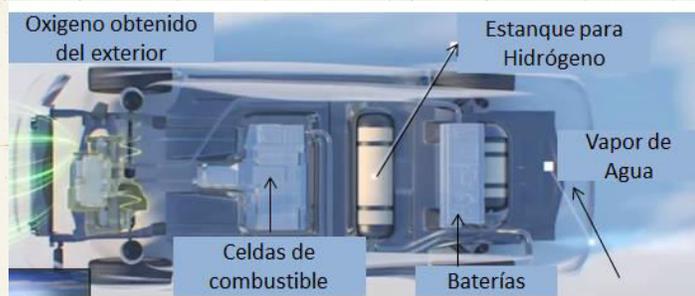


Figura 22: Componentes de un vehículo de celdas de combustible. Fuente: Imagen modificada a partir de modelo Toyota Mirai.

también sea catalogado como híbrido. El hidrógeno en sí no contiene carbono, por tanto, este tipo de vehículo es del tipo cero emisión de CO₂, sin embargo, el hidrógeno puede tener una huella de carbono significativa dependiendo de cómo éste fue producido. Por tanto, las emisiones de carbono del ciclo de vida están determinadas por la fuente de energía primaria y el proceso utilizado para la producción de hidrógeno.

10.3.1.1 Tendencias internacionales

Toyota lanzó su modelo de Mirai en Japón el año 2014, Hyundai tiene previsto comenzar la venta de vehículos de celdas de combustible próximamente y Honda anunció planes para lanzar su vehículo de celda de combustible en el año 2016 (Agencia Internacional de Energía 2015). La siguiente figura muestra distintos modelos de este tipo de tecnologías.

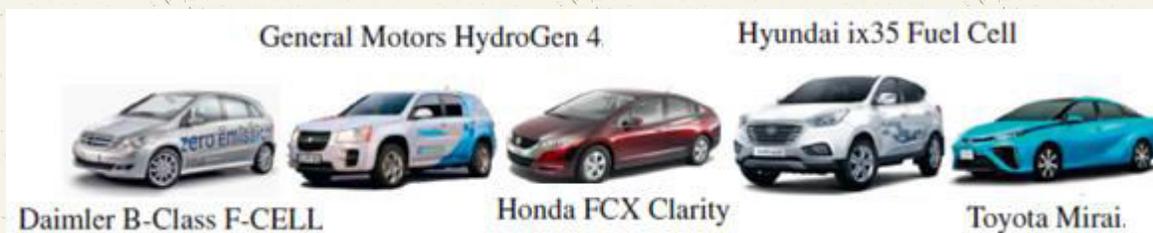
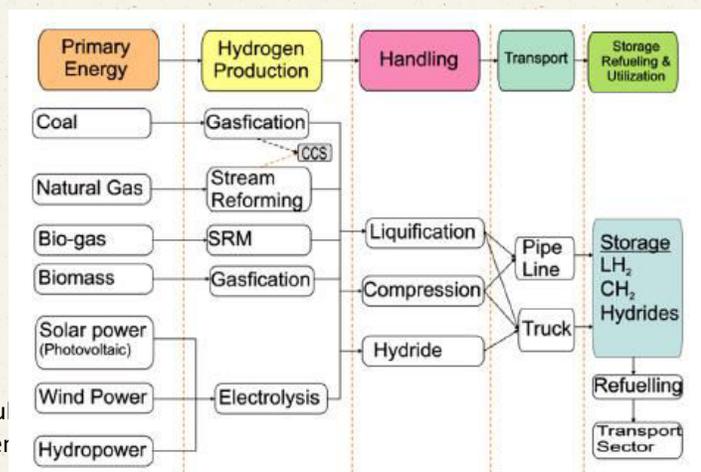


Figura 23: Distintos modelos de vehículos de celdas de combustibles del tipo híbrido. Fuente: (Wind 2016)

Actualmente existen 550 vehículos de celdas de combustible en etapa de demostración. De acuerdo a las proyecciones de la Agencia Internacional de Energía se espera que aproximadamente el 25% de los vehículos nuevos que se vendan en el año 2050 serán de celdas de combustibles (escenario bajo en el cual es posible alcanzar la meta de estabilización de aumento de temperatura en 2° C).

10.3.2 Barreras

- **Madurez tecnológica:** Todavía no es una tecnología madura y está en una etapa temprana de entrada al mercado. Los riesgos asociados con la captación de mercado de los vehículos de celda de combustible han sido un obstáculo importante para la inversión en infraestructura. Se estima que por cada vehículo vendido, alrededor de USD 900 a USD 1900 tendrá que ser gastado en el desarrollo de infraestructura de hidrógeno.
- **Durabilidad, confiabilidad y disponibilidad limitada:** En (Wang 2015) se menciona que una de las principales barreras de esta tecnología es la confiabilidad, disponibilidad de la durabilidad de los sistemas de celdas de combustibles. En (Agencia Internacional de Energía 2015) se realizan evaluaciones económicas considerando una vida útil de 12 años, sin embargo, el modelo Toyota ofrece una garantía de 8 para el sistema de celdas de combustibles²⁸ del modelo Mirai.
- **Altos costos de las celdas de combustibles:** Actualmente el costo de inversión de un vehículo puede variar en 57.000²⁹ a 100.000 US\$. Las celdas de combustible representan aproximadamente el 50% del costo total del vehículo y tienen una vida útil limitada. Algunas proyecciones optimistas muestran que este costo se podría reducir a 33.600 US\$ al año 2030 y luego se mantendría prácticamente constante el precio (33.400 US\$ al 2050) (Agencia Internacional de Energía 2015). En (Wind 2016) se proyecta que al año 2023 los vehículos podrían costar 30.000 euros. La reducción se explica principalmente por la disminución del costo de las celdas de combustibles. Notar que a pesar de la reducción del costo de adquisición, un vehículo de 30.000 US\$ (15 a 20 millones de pesos chilenos) todavía es caro para el mercado chileno, ya que el precio de los vehículos más vendidos varía entre 5 a 7 millones de pesos.
- **Infraestructura:** Se requiere invertir y desarrollar infraestructura que actualmente no está disponible en Chile: plantas de producción de hidrógeno, red de transporte, sistema de almacenamiento del



²⁸ <https://ssl.toyota.com/mirai/assets/modul>

²⁹ El Toyota Mirai se venderá a 57.500 US\$ en

Figura 24: Cadena de suministro del hidrógeno hasta el usuario final. Fuente: (Salvi & Subramanian 2015)

hidrógeno y estaciones de servicio para suministrar hidrógeno a los vehículos de celdas de combustibles. La siguiente figura muestra la infraestructura necesaria para llegar a usuario final. En (Wang 2015) se analiza como la falta de infraestructura para suministrar hidrógeno ha sido considerada una barrera para la masificación de estos tipos de vehículos, sin embargo, se cuestiona que la inversión en infraestructura para suministro de hidrógeno pueda reducir significativamente los costos de las celdas de combustibles por sí sola, ni resolver el problema de la durabilidad y confiabilidad de las celdas.

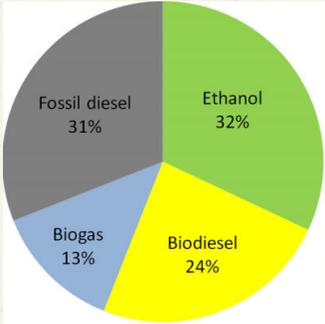
- **Seguridad:** El hidrógeno es un combustible altamente inflamable y es más riesgoso que la gasolina y diésel (Salvi & Subramanian 2015). La energía de ignición es baja a tal punto que la energía electrostática que a veces una persona adquiere, podría ser suficiente para encender el hidrógeno. Los estanques de almacenamiento son especialmente diseñados para evitar explosiones en caso de accidentes automovilísticos. La carga de combustible y suministro se deben realizar bajo condiciones especiales de seguridad. En este sentido, se deben adoptar estrictas normas de seguridad de manera de garantizar la correcta operación de este tipo de combustible (Salvi & Subramanian 2015).
- **Capital humano:** Se requiere contar con capital humano para poder masificar esta tecnología en Chile. En general, esta barrera aplica para cualquier nueva tecnología.

10.3.3 Ventajas

- Esta tecnología se puede utilizar para vehículos de pasajeros, buses y camiones.
- El tiempo de carga es similar al de un vehículo tradicional.
- La autonomía varía entre 500 y 650 km. El rendimiento es de aproximadamente 1 kg por cada 100 km recorridos y la capacidad del estanque de hidrógeno puede variar entre 3,7 a 5 kg (Wind 2016).
- No emite ruido.
- Alta eficiencia en comparación con vehículos a gasolina o diésel.

11. Introducción de vehículos de baja o cero emisiones (buses)

11.1 Descripción

Electricidad	Gas	Biocombustibles
<p>Buses de transporte urbano híbridos están operando en muchas ciudades de Canadá, incluida Toronto y Victoria.</p> <p>También existen buses eléctricos puros que no necesitan conectarse a la red como los clásicos trolebuses, como es el caso del modelo K9 desarrollado por la empresa BYD. Este modelo tiene una batería con capacidad de 324 kWh, En Malasia hay una meta de introducir 2.000 buses eléctricos al 2020.</p>	<p>El uso de GNC en remplazo del diésel podría generar una reducción de entre el 82 y el 98% la emisión de contaminantes locales. Sin embargo, el consumo de energía podría aumentar en un 46% respecto a la misma situación utilizando diésel³⁰.</p> <p>En la ciudad de Barcelona, al 2011 el 35% de vehículos de Transports Metropolitans de Barcelona (TMB) utilizaba Gas Natural Comprimido para su operación (376 unidades).</p> <p>De acuerdo a lo presentado en (Lage 2012) 70.000 buses urbanos entregan servicios en las principales ciudades europeas, de los cuales 9.000 (13%) son a base de GN.</p>	<p>Ejemplos como Brasil (Sao Paulo) y Suecia (Stockholm) han incorporado buses a base de biocombustibles en sus sistemas de transporte público.</p> <p>En Estocolmo las autoridades del transporte público decidieron que al año 2025 todos los buses deben usar combustibles renovables. Al 2016 al menos el 75% de los buses debe operar con combustibles renovables. (Ericson 2013). Al 2013 la distribución era:</p>  <p>Una de las empresas desarrolladoras de esta tecnología es Scania https://youtu.be/dfAYSD_VKrc</p>

11.2 Barreras

- Alto precio:** El modelo híbrido B215RH tiene un precio aproximado de US\$ 270.000, versus el precio de un bus diésel que cuesta aproximadamente US\$ 200.000 (modelo B290R). Por su parte, un bus eléctrico puro tiene un precio aproximado (modelo K9) de US\$ 450.000. Es decir, actualmente un bus eléctrico puro cuesta más del doble que un bus

³⁰ <http://www.civitas.eu/content/buses-operating-compressed-natural-gas>

tradicional. Los buses a celdas de combustibles presentan precios aún mayores. En (Wind 2016) se muestra que al año 2023 el precio no bajaría de los 800.000 euros.

- **Autonomía y tiempo de carga:** Una de las principales barreras de este tipo de tecnología es la autonomía y los tiempos de cargas. El modelo eléctrico K9 tiene una batería con capacidad de 324 kWh, lo que le da una autonomía de 250 km aproximadamente. El tiempo de carga varía entre 1,6 a 5 horas dependiendo de la potencia de carga. Al cabo de 12 años, la batería tendría un 80% de la capacidad inicial. A modo de referencia, los buses del Transantiago recorren aproximadamente entre 150 a 250 km diarios. Para superar esta barrera, existen algunos proyectos en etapa de evaluación que permitirían una carga súper rápida (menos de 15 segundos) durante las detenciones que ocurren para recoger pasajeros en paraderos. Uno de estos ejemplos es el proyecto TOSA, en Ginebra, Suiza (ver figura siguiente).



Figura 25: Sistema de carga rápida para buses eléctricos. Fuente: <http://www.tosa2013.com/>

12. Transporte de carga urbano bajo en emisiones (camiones livianos)

12.1 Descripción

El incremento de las ventas por internet ha provocado también un incremento de los despachos a domicilio y a futuro se espera que esta tendencia se mantenga. Esto provocará que los viajes que se realicen por motivo de compra disminuyan (disminuyendo las emisiones de CO₂), sin embargo, aumentará el transporte de carga al interior de las ciudades (aumentando las emisiones de este medio de transporte). A nivel mundial, para el año 2014 se esperaba un incremento de un 20,4% de las ventas con respecto al año 2013. Chile no ha estado ajeno a esta realidad y para el año 2015 se esperaba que el incremento del comercio electrónico aumentara entre un 20% y 30% (SERNAC 2014). En (Visser et al. 2014) se proyecta que en el Reino Unido el comercio electrónico tendrá una participación en las ventas totales de un 34% al año 2020, versus un 14% que tuvo en el año 2010. En esta sección se analiza la factibilidad de introducción de vehículos de baja o cero emisión en el transporte de carga que se realiza en ciudades.

12.1.1 Tendencias internacionales

Como antecedente internacional, se destaca la estrategia propuesta por la Unión Europea para avanzar hacia un desarrollo casi nulo de emisiones al año 2030, asociadas a las actividades de logística que se realizan al interior de una ciudad (Unión Europea 2011). Para alcanzar dicha meta, la propuesta incluye medidas como mejoras en la gestión de los flujos urbanos de carga, introducción de normas para nuevas tecnologías de transporte, entre otras. En este sentido, una acción concreta para alcanzar dicha meta es el desarrollo del programa Freight Electric Vehicles in Urban Europe (FREVIEWE)³¹. Este programa tiene como objetivo analizar las barreras y desafíos asociadas a la introducción de vehículos eléctricos utilizados para el transporte de carga al interior de las ciudades. Ámsterdam, Lisboa, Madrid, Londres, Milán, Estocolmo, Oslo, Rotterdam, son algunas de las ciudades que actualmente están participando de esta iniciativa. Recientemente la empresa TNT incorporó 7 camiones eléctricos a su flota de reparto en Rotterdam. En Milán, la introducción de esta tecnología, en conjunto con uso de tecnologías de la información para optimizar el tráfico de la flota, está siendo aplicada a un proyecto piloto de una cadena farmacéutica.

³¹ <http://frevue.eu/>

En Estados Unidos entre el año 2011 y 2013 estuvo en evaluación el camión de reparto eléctrico Navistar E-Star. Este vehículo de 3628 kg de peso, con capacidad para transporte 1814 kg, fue utilizado por empresas tales como FedEx, Pacific Gas and Electric Company, Canada Post y Coca-Cola. La batería de 80 kWh le daba una autonomía de 161 km (Davis & Figliozzi 2013). El año 2013 la Navistar decidió discontinuar el desarrollo de este modelo.



Figura 26: Camión de reparto eléctrico Navistar E-Star.

El modelo estuvo a la venta por un valor aproximado de 150.000 US\$. Más éxito ha tenido la empresa Smith en el desarrollo de esta tecnología. Actualmente ofrece distintos modelos dependiendo de las necesidades de los clientes. El modelo Newton permite transportar hasta 7.400 kg (peso bruto total de 12.000 kg), mientras que el modelo Edison permite transportar hasta 2.300 kg. Los vehículos tienen una autonomía aproximada de hasta 160 km y la batería se carga en aproximadamente 8 horas (la batería tiene una capacidad de 80 kWh). La siguiente figura muestra algunos de los modelos ofrecidos por esta empresa, los cuales son usados por empresas como FedEx, Coca-Cola, entre otras. El modelo Newton con capacidad para transportar 3.352 kg costaría aproximadamente 150.000 US\$. Un camión a diésel de similares características cuesta aproximadamente un tercio.



Figura 27: Camiones de reparto eléctrico desarrollados por la empresa Smith y que se utilizan actualmente en Estados Unidos. Fuente: <http://www.smithelectric.com/>

12.1.2 Riesgos, desafíos barreras

- Altos costos actuales de las tecnologías de cero o baja emisión. Sin embargo, en el largo plazo se espera que este costo disminuya.
- Necesidad de contar con infraestructura que permita la introducción de este tipo de vehículos.

13. Ejemplo de implementación

13.1 Descripción

A continuación se realiza un ejercicio práctico de implementación de medidas que permiten avanzar hacia los elementos de visión de largo plazo identificados en este estudio. La siguiente figura describe una propuesta de secuencialidad o priorización de políticas de desarrollo de las ciudades.

En primer lugar se establecen las políticas de planificación urbana, las cuales, dependiendo de su éxito de implementación, van a definir los niveles de demanda de transporte motorizado y no motorizado al interior de una ciudad. Por ejemplo, una ciudad que crece sin controlar su radio urbano y sin una política de distribución de servicios probablemente requerirá una mayor demanda por transporte motorizado y la distancia recorrida per cápita también aumentará.

A continuación se definen las políticas que definen el tipo de transporte que satisface la demanda de transporte (partición modal del transporte público, transporte no motorizado, etc.). Haciendo un símil con las políticas que se aplican en el sector generación eléctrica, el primer grupo de medidas son el equivalente a las medidas de eficiencia energética, las cuales tendrán un impacto directo sobre los niveles de demanda eléctrica y en el incremento de la oferta de generación que se requiere para satisfacer dicha demanda. El segundo grupo de medidas son el equivalente a medidas que promocionan un tipo de tecnología (fomento a las tecnologías renovables no convencionales, hidroelectricidad, etc.).

Finalmente, en el esquema propuesto se definen las políticas que permiten disminuir la demanda de combustibles fósiles de los distintos modos de transporte que se utilizan para satisfacer la demanda.

En la práctica se espera que estas medidas se implementen de manera simultánea, sin embargo, los niveles de penetración, esfuerzo e infraestructura van a depender del éxito de las políticas de desarrollo de la ciudad.

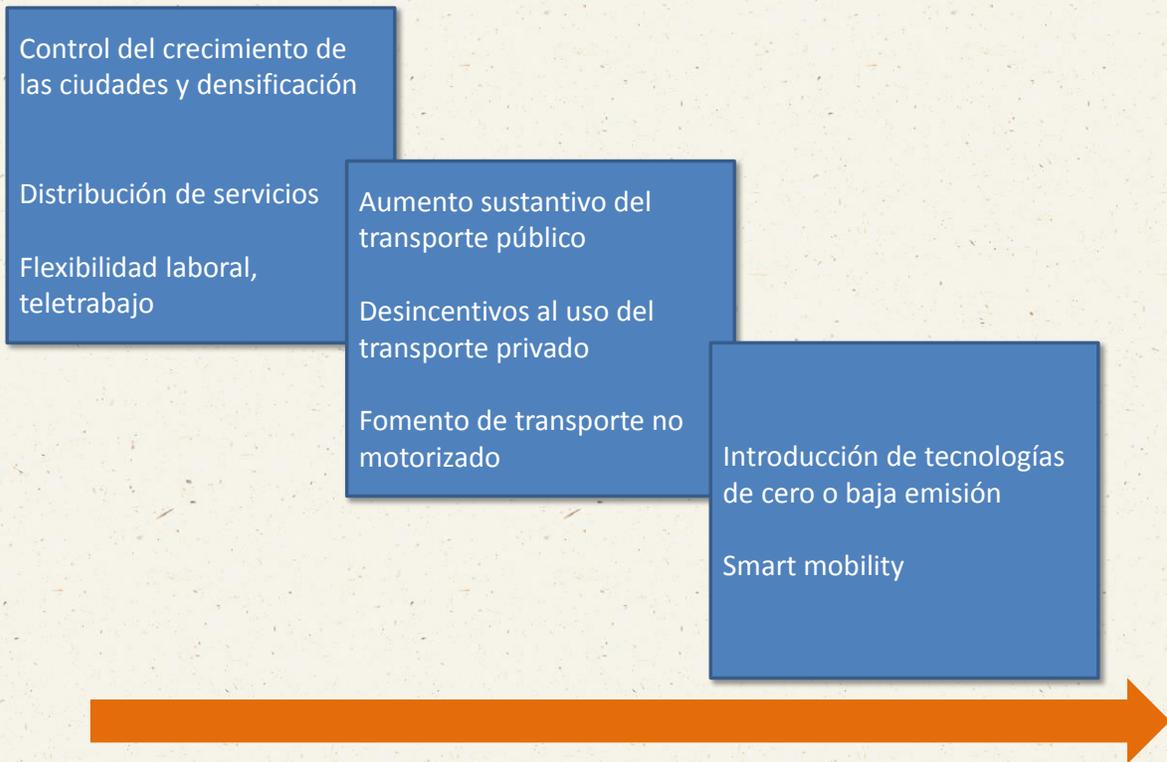


Figura 28: Ejemplo de implementación de los distintos elementos de visión a lo largo del tiempo.

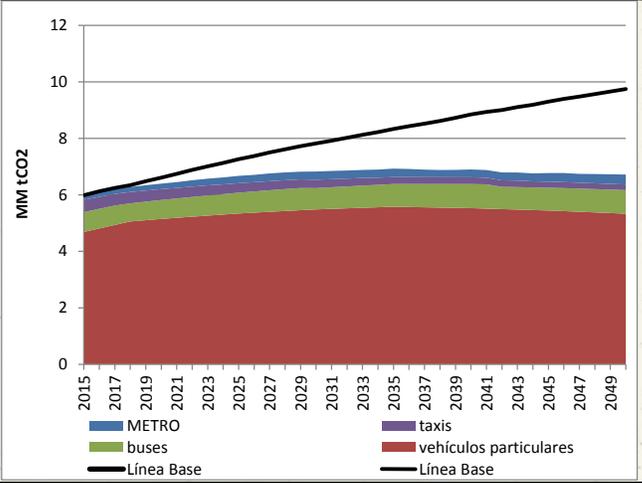
13.2 Ejemplos de implementación de elementos de visión aplicados a la Región Metropolitana

A continuación se presenta un ejercicio número de implementación de las medidas descritas anteriormente. Los resultados se presentan para la Región Metropolitana, sin embargo, desde el punto de vista conceptual los resultados deberían tener la misma tendencia en otras ciudades del país.

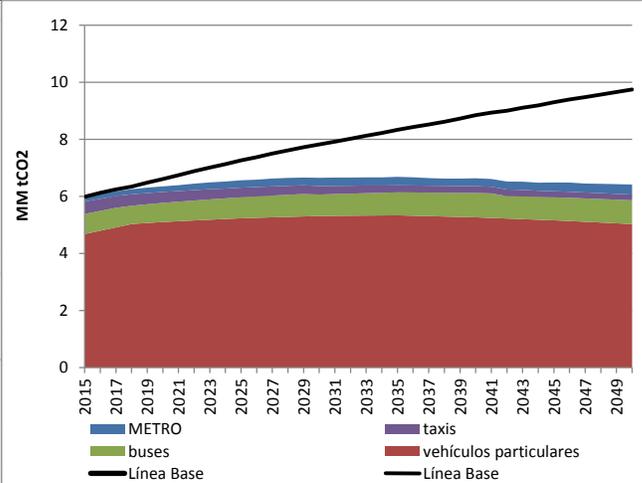
Tabla 18: Resultados de implementación de las distintas medidas o estrategias de mitigación.

Acción	Resultados
<p>Ninguna: Línea Base (línea negra de la figura que se muestra en la segunda columna)</p> <p>Las emisiones de GEI son mayoritariamente responsabilidad del transporte de vehículos particulares. Crece la participación de este modo de transporte. Asimismo, crece la distancia promedio recorrida por persona y la población de las ciudades.</p>	
<p>Evitar:</p> <ul style="list-style-type: none"> control del radio urbano, distribución de servicios, plasticidad laboral, teletrabajo. <p>Resultado de la implementación de estas medidas: Se controla el crecimiento de la distancia recorrida per cápita. Las emisiones crecen por incremento de población.</p>	

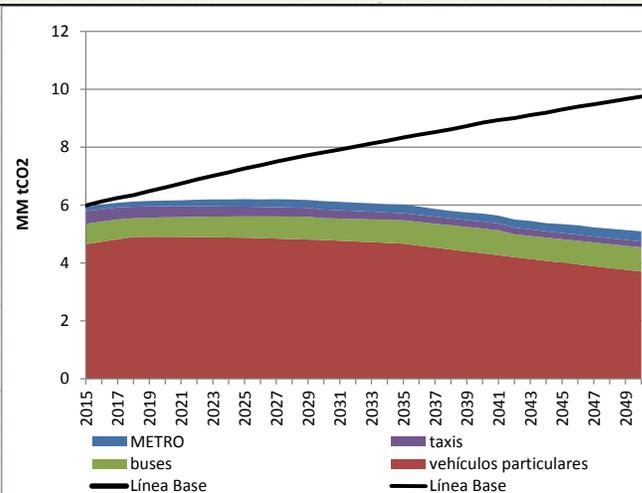
- Evitar:**
- Control del radio urbano, distribución de servicios, plasticidad laboral, teletrabajo.
- Cambiar:**
- Aumento de la participación del transporte público hacia el 2050 (transporte público: 46%, transporte privado: 47% al año 2050).



- Evitar:**
- Control del radio urbano, distribución de servicios, plasticidad laboral, teletrabajo.
- Cambiar:**
- Aumento de la participación del transporte público (transporte público: 46%, transporte privado: 47%).
 - Aumento de transporte en bicicletas (7% de participación modal).



- Evitar:**
- Control del radio urbano, distribución de servicios, plasticidad laboral, teletrabajo.
- Cambiar:**
- Aumento de la participación del transporte público (transporte público: 46%, transporte privado: 47%).
 - Aumento de transporte en bicicletas (7% de participación modal).
 - Aumento del transporte compartido (tasa de ocupación igual a 2 personas por vehículos)



<p>privados)</p> <p>Evitar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control del radio urbano, distribución de servicios, plasticidad laboral, teletrabajo. <p>Cambiar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aumento de la participación del transporte público (transporte público: 46%, transporte privado: 47%). Aumento de transporte en bicicletas (7% de participación modal). Aumento del transporte compartido (tasa de ocupación igual a 2 personas por vehículos privados) <p>Mejorar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Incremento del rendimiento de vehículos a gasolina y diésel. 	
<p>Evitar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control del radio urbano, distribución de servicios, plasticidad laboral, teletrabajo. <p>Cambiar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aumento de la participación del transporte público (transporte público: 44%, transporte privado: 51%). Aumento de transporte en bicicletas. Aumento del transporte compartido (tasa de ocupación de vehículos aumenta 2 personas por vehículos privados al año 2050) 	

Mejorar:

- Incremento del rendimiento de vehículos a gasolina y diésel.
- Introducción de vehículos de baja o cero emisiones (50% de vehículos son eléctricos al 2050).

14. Transporte de carga interurbano

14.1 Cambio modal desde transporte de carga caminero hacia transporte ferroviario

14.1.1 Descripción

En Chile se transportan aproximadamente 300 millones de toneladas de carga dentro del territorio nacional, de las cuales 28 millones se transportan en ferrocarril (Subsecretaría de Transporte 2013a). En términos de toneladas-kilómetros transportados, la participación es similar alcanzando aproximadamente un 10%. La siguiente figura compara la participación del transporte de carga en modo ferroviario para distintos países. Los países con mayor participación del transporte ferroviario de carga son Australia y Estados Unidos con una participación de un 45%. El transporte ferroviario se realiza en locomotoras a diésel o diésel-eléctricas, sin embargo, este modo de transporte es más eficiente en términos de consumo de energía por unidad de carga transportada que el transporte en camiones.



Figure 5: Participación modal para transporte de carga. Fuente: La Tercera.

14.1.2 Barreras

Existen una serie de barreras que hacen que su participación modal en el largo plazo esté lejos de alcanzar los niveles de participación de otros países, algunas de ellas se describen a continuación:

- Falta de una política pública que incentive el transporte de carga en modo ferroviario.
- Estructurales: muchos puertos no cuentan con la infraestructura necesaria para recibir carga desde el modo ferroviario. Actualmente se espera que los nuevos puertos que se

construyan tengan la capacidad para recibir un porcentaje mínimo de carga desde el modo ferroviario.

- Sociales y políticas: el reemplazo del transporte de carga en camiones por transporte ferroviario tiene un impacto negativo sobre los trabajadores de este gremio.
- Económicas: Algunos plantean que el peaje que actualmente pagan los dueños de camiones por el uso de las carretas no refleja el costo real por el uso de ésta y, por tanto, su uso estaría siendo subsidiado por los vehículos particulares de pasajeros. Asimismo, las externalidades que provoca el uso de diésel tampoco estarían siendo reflejadas ya que una fracción importante del impuesto a los combustibles es devuelta a los dueños de camiones.
- Riesgo de inversión: La inversión en nueva infraestructura está sujeta al riesgo de quedar con capacidad ociosa si es que se producen ciclos económicos negativos que hagan que la demanda real sea inferior a la demanda proyectada. En este caso, el riesgo recae en quien invierte en la nueva infraestructura. Por ejemplo, actualmente EFE arrienda parte de su infraestructura ferroviaria para que empresas privadas puedan transportar su carga. En este caso, las empresas privadas son las dueñas de las locomotoras pero la inversión en nueva infraestructura no la hacen ellos.
- Regulatorias: Actualmente la carga máxima permitida sobre camiones es de 45 toneladas. En otros países como Estados Unidos la carga máxima permitida es de 36 toneladas lo que ha favorecido al transporte de carga ferroviario.

14.1.3 Secuencialidad

Si bien se reconoce que el transporte ferroviario es más eficiente en términos energéticos por unidad de carga transportada, las expectativas de incremento de la participación no son muy alentadoras. EFE espera pasar de los actuales 10 millones de toneladas al año, a 24 millones de toneladas el año 2020 y a 28 millones de toneladas al año 2030 (EFE 2014). En (Subsecretaría de Transporte 2013b) se propone alcanzar una participación modal de un 12% al año 2020, mientras que en el proyecto Energía 2050 se propone alcanzar una participación de un 15% hacia el año 2035.

14.2 Eficiencia energética e introducción de camiones de baja o cero emisiones

En escenarios donde no se esperan cambios significativos en la partición modal del transporte de carga, las mejoras en eficiencia energética e introducción de vehículos de baja o cero emisión en camiones pesados, tendrán un rol fundamental para alcanzar escenarios bajos en emisiones de GEI.

En el mediano y largo plazo se espera que se desarrollen nuevas mejoras en eficiencia energética aplicada a camiones pesados. En (Zhao et al. 2013) se analizan mejoras asociadas al rendimiento de los motores, mejoras aerodinámicas (ver figura siguiente) y mejoras a la resistencia a la rodadura. Estas medidas de manera individual podrían incrementar el rendimiento de un camión pesado en hasta un 13% y aplicadas de manera conjunta podrían mejorar hasta entre un 20 y 22% el rendimiento hacia el año 2020.



Figura 30: Prototipo presentado por la empresa Walmart. El diseño de este modelo tiene mejoras aerodinámicas y un sistema híbrido de propulsión. Fuente: <http://corporativo.walmart.com/responsabilidad-global/sostenibilidad-ambiental/1vw/flota-de-camiones>

La siguiente tabla resume las mejoras en eficiencia que se esperan para camiones pesados.

Tabla 19: Mejoras en eficiencia energética aplicadas a camiones pesados. El rendimiento promedio de un camión pesado sin mejoras en eficiencia energética es de aproximadamente 2,1 km/l.

Mejoras en eficiencia energética	Incremento de rendimiento
Mejoras en eficiencia de motores en camiones pesados (Clase 8 ³²)	5-13% (Zhao et al. 2013)
Mejoras aerodinámicas en camiones pesados nuevos (Clase 8)	0-9% (Zhao et al. 2013)
Mejoras aerodinámicas camiones existentes (<i>retrofit</i>)	2-9% (Mohamed-Kassim & Filippone 2010)
Neumáticos eficientes (Clase 8)	1-9% (Zhao et al. 2013)

³² Camión pesado con peso bruto mayor a 15 ton.

En (Zhao et al. 2013) también se analiza el impacto de la introducción de sistema híbridos en el tren de propulsión de camiones pesados. La siguiente figura muestra la comparación para los distintos tipos de tecnologías evaluadas. Para ciclos diarios la hibridación puede mejorar el rendimiento entre 19 y 21%. Si se aplica de manera conjunta con las medidas anteriormente descritas, se pueden esperar mejoras en la eficiencia que varían entre un 28% y 50%. En (Zhao Hengbing et al. 2013) también se analizan distintos tipos de tecnologías asociadas a camiones pesados. El uso de gas natural comprimido podría reducir hasta en un 5% las emisiones de CO₂ en camiones con sistema de encendido por chispa (en viajes largos por carretera) y hasta en un 30% en camiones con sistema de encendido por compresión (ciclo de viaje diario). Este tipo de camiones actualmente se encuentran en operación en países como Estados Unidos, pero todavía con una baja participación modal. En (Askin et al. 2015) se analizan distintos escenarios de penetración de camiones pesados a gas natural comprimido y gas licuado de petróleo en Estados Unidos. Se reconocen las dificultades que tendrán estas tecnologías frente al transporte en camiones a diésel.

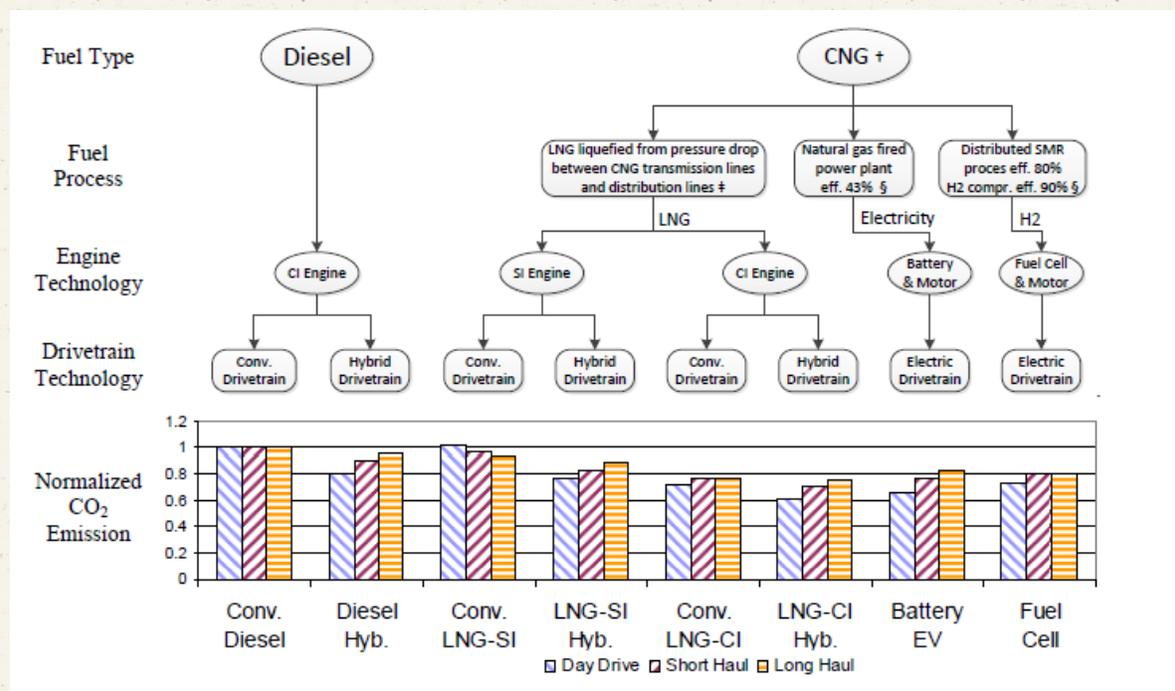


Figura 31: Comparación de emisiones de CO₂ para distintas tecnologías de camiones pesados. Fuente: (Zhao Hengbing et al. 2013). CNG: compressed natural gas (gas natural comprimido), LNG: liquefied natural gas (gas natural licuado), SI: spark ignition (encendido por chispa), CI: Compression Ignition (encendido por compresión).

Otro tipo de tecnología que permitiría reducir significativamente las emisiones de GEI es el proyecto eHighway que actualmente está desarrollando la empresa Siemens. Esta tecnología consiste en el uso de camiones híbridos (diésel-eléctricos) que se pueden conectar y desconectar de manera automática al tendido eléctrico ubicado por encima de la carretera. Un proyecto piloto de 4 camiones y un tendido eléctrico de 3,2 km está siendo evaluado en Los Ángeles,

California. Un proyecto similar de 2 km de extensión se empezará a evaluar en la ciudad de Gävle (Suecia) durante el año 2016.



Figura 32: Camiones eléctricos. Fuente: Proyecto eHighway de Siemens.

15.Referencias

Agencia Internacional de Energía, 2014. *Energy Technology Perspective*,

Agencia Internacional de Energía, 2015. *Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells*,

Anon, 2015. *New Climate Economy Report - Cities chapter*,

Askin, A.C. et al., 2015. The heavy-duty vehicle future in the United States: A parametric analysis of technology and policy tradeoffs. *Energy Policy*, 81, pp.1–13. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515000683> [Accessed October 6, 2015].

Bakken, T.H. et al., 2012. Development of Small Versus Large Hydropower in Norway– Comparison of Environmental Impacts. *Energy Procedia*, 20, pp.185–199. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610212007497> [Accessed February 13, 2015].

Bresciani, L., 2014. *Planificación Urbana Integrada. Presentación taller Concepción.*, Concepción.

CEDEUS, 2015. Has Santiago less street space than other cities? Available at: <http://www.cedeus.cl/blog/has-santiago-less-street-space-than-other-cities/>.

CIPER Chile, 2014. La disponibilidad de suelo urbano en el Gran Santiago y la Región Metropolitana. Available at: <http://ciperchile.cl/2014/09/03/la-disponibilidad-de-suelo-urbano-en-el-gran-santiago-y-la-region-metropolitana/> [Accessed August 19, 2015].

CISCO, 2014. Teletrabajo: Expanding las fronteras de competitividad.

Clean Energy Ministerial, 2013. *Global EV Outlook*,

Cohen, B. & Muñoz, P., 2015. Sharing cities and sustainable consumption and production: towards an integrated framework. *Journal of Cleaner Production*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615010641> [Accessed September 6, 2015].

Colombia, M. del trabajo, *Portal Teletrabajo Colombia*, Available at: <http://teletrabajo.gov.co/portal/>.

Comisión asesora pro-movilidad urbana, 2014. *Problemas de la Movilidad Urbana: Estrategia y Medidas para su Mitigación*,

Davis, B.A. & Figliozzi, M.A., 2013. A methodology to evaluate the competitiveness of electric delivery trucks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), pp.8–23. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554512000658> [Accessed September 25, 2015].

Department of Infrastructure and Regional Development, 2014. *Saturating Daily Travel*,

Department of Transport UK, 2014. *National Travel Survey*,

Dodman, D., 2009. *Urban Form, Greenhouse Gas Emissions and Climate Vulnerability*,

EFE, 2014. *Plan Maestro 2014-2020*,

Fagnant, D.J. & Kockelman, K., 2015. Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, pp.167–181. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415000804> [Accessed August 7, 2015].

Funk, J.L., 2015. IT and sustainability: New strategies for reducing carbon emissions and resource usage in transportation. *Telecommunications Policy*. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596115000944> [Accessed August 17, 2015].

Gabriela, M. & Romanik, K., 2011. *Una mirada a la figura del teletrabajo*,

Global BRT Data, 2015. *Global BRT. 2015*. Available at: <http://brtdata.org/> [Accessed August 11, 2014].

GORE, 2012. *Plan Maestro de Ciclovías para Gran Santiago*, Available at: <http://2010-2014.gob.cl/media/2013/07/Informe-Final-CVS-GORE-2012-2022.pdf>.

Grant-Muller, S. & Usher, M., 2014. Intelligent Transport Systems: The propensity for environmental and economic benefits. *Technological Forecasting and Social Change*, 82, pp.149–166. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162513001364> [Accessed April 28, 2015].

Habibi, S. & Asadi, N., 2011. Causes, Results and Methods of Controlling Urban Sprawl. *Procedia Engineering*, 21, pp.133–141. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811048302> [Accessed August 10, 2015].

IMB, 2014. *Teletrabajo: Innovación para las corporaciones - El caso IBM*.

Iván, P. et al., 2015. *Infilling*,

- Kappo, 2015. ¿Cómo se mueven los ciclistas urbanos en Santiago de Chile? Available at: <http://www.kappo.bike/mtt-report/santiago.html>.
- Karathodorou, N., Graham, D.J. & Noland, R.B., 2010. Estimating the effect of urban density on fuel demand. *Energy Economics*, 32(1), pp.86–92. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988309000772> [Accessed March 27, 2015].
- MAPS Chile, 2014. *Libro Fase 2 Proyecto MAPS Chile*. Mohamed-Kassim, Z. & Filippone, A., 2010. Fuel savings on a heavy vehicle via aerodynamic drag reduction. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(5), pp.275–284. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920910000301> [Accessed October 5, 2015].
- Muñoz, J.C., 2015. *Políticas públicas de transporte y el futuro del transporte en las zonas metropolitanas de Chile*.
- Rojas, C., Muñoz, I. & Pino, J., 2013. Understanding the Urban Sprawl in the Mid-Size Latin American Cities through the Urban Form: Analysis of the Concepción Metropolitan Area (Chile). *Journal of Geographic Information System*.
- Salvi, B.L. & Subramanian, K.A., 2015. Sustainable development of road transportation sector using hydrogen energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, pp.1132–1155. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115006772> [Accessed August 4, 2015].
- Santos, G., Behrendt, H. & Teytelboym, A., 2010. Part II: Policy instruments for sustainable road transport. *Research in Transportation Economics*, 28(1), pp.46–91. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739885910000223> [Accessed July 13, 2014].
- Schellekens, M., 2015. Self-driving cars and the chilling effect of liability law. *Computer Law & Security Review*, 31(4), pp.506–517. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364915000928> [Accessed June 22, 2015].
- SECTRA, 2013. *Construcción Red de Ciclorutas Gran Concepción y Los Ángeles*.
- SECTRA, 2014a. *Encuesta Origen Destino Santiago 2012*.
- SECTRA, 2014b. *Plan Maestro Santiago 2025*, Available at: http://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/02/plan_maestro_2025_2.pdf.
- SERNAC, 2014. *Estudio Descriptivo de E Commerce en Chile y Análisis de Reclamos ante SERNAC*.

- Serra, I., 2012. *Análisis del proceso de elaboración y aprobación del prms 100*. Universidad de Chile.
- Shergold, I., Lyons, G. & Hubers, C., 2015. Future mobility in an ageing society – Where are we heading? *Journal of Transport & Health*, 2(1), pp.86–94. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140514000899> [Accessed May 18, 2015].
- Sistemas Sustentables, 2014. *Línea Base 2013 y Escenarios de Mitigación, MAPS Chile Fase 2*.
- SocialLab, 2015. Plasticidad laboral y teletrabajo.
- De Souza, A.A., Sanches, S.P. & Ferreira, M.A.G., 2014. Influence of Attitudes with Respect to Cycling on the Perception of Existing Barriers for Using this Mode of Transport for Commuting. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 162, pp.111–120. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814062922> [Accessed August 6, 2015].
- Subsecretaria de Transporte, 2013a. *Plan de impulso a la carga ferroviaria*.
- Subsecretaria de Transporte, 2013b. *Política Ferroviaria*.
- La Tercera, 2015. Especial 65 años.
- The Cycling Embassy Of Denmark, 2012. *Bicycle account 2012*, Available at: <http://www.cycling-embassy.dk/2013/06/03/6995/>.
- Tom, V.L., Astrid, de W. & Cathy, M., 2014. *How worthwhile is teleworking from a sustainable mobility perspective? The case of Brussels Capital region*.
- Unión Europea, 2011. *Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*.
- Visser, J., Nemoto, T. & Browne, M., 2014. Home Delivery and the Impacts on Urban Freight Transport: A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, pp.15–27. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814014906> [Accessed September 24, 2015].
- Wang, J., 2015. Barriers of scaling-up fuel cells: Cost, durability and reliability. *Energy*, 80, pp.509–521. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214013644> [Accessed September 22, 2015].
- Wind, J., 2016. *Compendium of Hydrogen Energy*, Elsevier. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782423645000014> [Accessed September 14, 2015].

Wirasinghe, S.C. et al., 2013. Bus rapid transit – a review. *International Journal of Urban Sciences*, 17(1), pp.1–31. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/12265934.2013.777514>.

WWF, 2009. *From Workplace to Anyplace. Assessing the global opportunities to reduce greenhouse gas emissions with virtual meetings and telecommuting.*

Yong, J.Y. et al., 2015. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, pp.365–385. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115004001> [Accessed May 20, 2015].

Zhang, W. et al., 2015. Exploring the Impact of Shared Autonomous Vehicles on Urban Parking Demand: An Agent-based Simulation Approach. *Sustainable Cities and Society*, 19, pp.34–45. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067071530010X> [Accessed July 22, 2015].

Zhao, H., Burke, A. & Miller, M., 2013. Analysis of Class 8 truck technologies for their fuel savings and economics. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 23, pp.55–63. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920913000679> [Accessed October 5, 2015].

Zhao Hengbing, Andrew, B. & Zhu, L., 2013. *Analysis of Class 8 Hybrid-Electric Truck Technologies Using Diésel, LNG, Electricity, and Hydrogen, as the Fuel for Various Applications.*