

CAPÍTULO III

Una restricción vehicular inteligente para la congestión y contaminación de Santiago

JUAN PABLO MONTERO

Instituto de Economía UC

LEONARDO BASSO

Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile

FELIPE SEPÚLVEDA

Investigador externo

LUIS CIFUENTES

Escuela de Ingeniería UC

PABLO VALENZUELA

Instituto de Economía UC

SEBASTIÁN VICUÑA

Escuela de Ingeniería UC y Centro de Cambio Global UC

Una restricción vehicular inteligente para la congestión y contaminación de Santiago

INVESTIGADORES¹

JUAN PABLO MONTERO
Instituto de Economía UC

LEONARDO BASSO
Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile

FELIPE SEPÚLVEDA
Investigador externo

LUIS CIFUENTES
Escuela de Ingeniería UC

PABLO VALENZUELA
Instituto de Economía UC

SEBASTIÁN VICUÑA
Escuela de Ingeniería UC y Centro de Cambio Global UC

Resumen²

Ante los persistentes problemas de congestión y contaminación en la ciudad de Santiago, avanzamos en una propuesta de política pública de restricción vehicular que se construye a partir de iniciativas impulsadas en el pasado por el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Se trata de un diseño “inteligente”, porque: (i) lleva a un aumento importante (aunque menor que el máximo posible) de bienestar en la población, tanto por reducciones en tiempos de viaje como de contaminantes locales y globales; (ii) incluye medidas para distribuir los beneficios de la política en forma más equitativa entre los distintos grupos de ingreso; y (iii)

1 Los autores agradecen numerosos comentarios de la ministra Gloria Hutt, Andrés Gómez-Lobo, Claudio Orrego, Juan Carlos Herrera, Guillermo Muñoz, Andrés Pica, Luis Rizzi, Alan Thomas y participantes en dos talleres de trabajo organizados por el Centro de Políticas Públicas UC. Ninguna de las personas e instituciones mencionadas anteriormente es responsable de posibles omisiones y errores en el presente estudio; estos son de exclusiva responsabilidad de los autores.

2 Esta propuesta fue presentada en un seminario organizado por el Centro de Políticas Públicas UC, realizado el 16 de noviembre de 2018, en el que participaron como panelistas Gloria Hutt, ministra de Transportes y Telecomunicaciones; Andrés Gómez-Lobo, exministro de Transportes y Telecomunicaciones; y Claudio Orrego, exintendente de la Región Metropolitana.

tiene factibilidad política de implementación, ya que comparte elementos de propuestas existentes o bajo consideración. Nuestra propuesta base incluye una restricción de dos días a la semana (cuatro dígitos diarios) durante horas punta, con una opción de eximición, previo pago de un pase diario que depende del tipo de vehículo y época del año. De octubre a marzo, el pase diario estaría disponible a todo vehículo a un precio de \$9.000. De abril a septiembre, el pase diario estaría disponible solo para vehículos que cumplan con la normativa de emisión Euro III. El total de la recaudación de los pases diarios se destina al transporte público, ya sea para mejorar su servicio (aumentos de frecuencia) y/o reducir sus tarifas. En caso que el 100% de la recaudación se destine a esto último, las tarifas caerían en 35%.

Introducción

Un parque automotor en constante y rápido crecimiento, en gran parte explicado por un mayor ingreso per cápita y migración permanente hacia las grandes ciudades, sumado a la falta de planificación urbana y a la ineficiencia en el uso del espacio vial, son responsables de los altos niveles de congestión vehicular y contaminación del aire que se observan hoy en varias ciudades del mundo³. Además de fortalecer el sistema de transporte público, sus autoridades están respondiendo con distintas políticas para desincentivar el uso del automóvil o mover a sus usuarios a vehículos más limpios. Dentro de estas políticas, y especialmente en economías emergentes, las restricciones vehiculares son cada vez más comunes. Buenos ejemplos incluyen a Atenas (donde las restricciones fueron consideradas por primera vez en 1982), Santiago (1986), Ciudad de México (1989), Teherán (1991), Sao Paulo (1996), Manila (1996), Bogotá (1998), Cali (2002), Medellín (2005), Beijing (2008), Tianjin (2008), varias ciudades en Alemania (2008), Quito (2010), Hangzhou (2011), Chengdu (2012) y París (2016)⁴.

Para entender nuestra propuesta es útil partir por preguntarse por qué las restricciones vehiculares tienen una mayor acogida entre las autoridades, en desmedro de políticas más eficientes basadas en precios, como la tarificación vial y los permisos de circulación que varían según la tasa de emisión de los vehículos. En el caso de la tarificación vial, sin duda que su bajo uso, salvo en un puñado de ciudades (Singapur, Londres, Estocolmo, Gotemburgo, Ber-

3 Los autos contribuyen en forma muy importante con varios contaminantes locales: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx). Estos contaminantes, a diferencia de los contaminantes globales como el dióxido de carbono (CO₂), se caracterizan por tener un impacto local, al nivel de la ciudad, y que dura por un breve periodo de tiempo, algunas veces de pocas horas. Existen otras externalidades derivadas del uso del auto que aquí no se evalúan directamente, como son la contaminación acústica, los accidentes de tránsito y el daño a las calles (Rizzi y De la Maza, 2017).

4 Autoridades de Santiago, Bruselas, Londres, Madrid, Milán y París, por nombrar algunas ciudades, también han utilizado restricciones de forma esporádica para atacar eventos diarios de alta contaminación. Por último, en Nueva Delhi se implementó un plan piloto de dos semanas, en enero de 2016.

gen, Oslo, Milán), es producto de la falta de apoyo de la población (Daganzo, 2000; Baranzini et al., 2018).⁵ A diferencia de esquemas de racionamiento como son las restricciones, los esquemas de precios son vistos como regresivos e injustos hacia aquellos con menor capacidad de pago. Esto haría aún más difícil introducir permisos de circulación basados en el nivel de contaminación del vehículo, ya que los hogares de menores recursos son los que tienden a tener autos más antiguos y contaminantes⁶.

Pareciera entonces que las restricciones vehiculares permitirían a las autoridades resolver en la práctica el siempre delicado balance entre eficiencia y equidad. Hay un problema, sin embargo. Según la literatura, estas políticas podrían llevar a mayor congestión y contaminación en el largo plazo, ya que crean un incentivo a la “compra de un segundo auto”, típicamente antiguo y altamente contaminante. El mejor ejemplo de esto es el programa Hoy No Circula, implementado en Ciudad de México en 1989 (Davis, 2008; Gallego, Montero y Salas, 2013), pero hay otros (Zhang et al., 2017).

Dado el creciente interés por el uso de restricciones, en esta propuesta nos hacemos cargo del problema del “segundo auto”, construyendo un diseño de restricción que ha recibido poca atención en la literatura, pero que está presente en varias iniciativas recientes, incluidas las impulsadas por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT). Nos referimos a diseños de restricción que cuentan con la opción de eximir a ciertos vehículos. Tal como documentan Barahona, Gallego y Montero (2018) –en adelante referidos como BGM (2018)– y Basso, Montero y Sepúlveda (2018) –en adelante referidos como BMS (2018)– esta opción de eximición tiene el potencial de reducir, si no eliminar por completo, el incentivo a la compra de un segundo auto.

Por una parte, BGM (2018) muestran que, si el objetivo de una política de restricción es reducir la contaminación, la forma de hacerlo no es como en Ciudad de México en 1989, con una restricción pareja a todos los automó-

5 En muchas ciudades, incluidas Nueva York y Santiago, los planes para introducir tarificación vial se consideraron seriamente, pero finalmente se abandonaron. Fue rechazada en las urnas de Edimburgo y Manchester. Los votantes en Gotemburgo la rechazaron en un referéndum no vinculante, pero fue igualmente promulgada. Los votantes de Estocolmo la aprobaron por un pequeño margen, aunque solo después de un período de prueba. En Londres, la idea de tarificación vial también enfrentó una oposición significativa al principio (Leape, 2006). Una alternativa a la tarificación vial es la introducción de vías exclusivas de alta ocupación del auto (high-occupancy-vehicle lanes), tal como muchas ciudades en el mundo han venido experimentando desde la década de 1970. Sin embargo, sus beneficios no están claros, por lo que hay mucho escepticismo al respecto (Kwon y Varaiya, 2008). Hace muy poco, autoridades en Yakarta decidieron eliminar su programa de vías de alta ocupación (Hanna et al., 2017).

6 Hoy solo existen subsidios/impuestos asociados a las emisiones de CO₂ para autos nuevos (ver, por ejemplo, D'Haultfoeuille et al., 2014). Drummond y Ekins (2016) proponen para Reino Unido extender estos mismos pagos al NO_x en autos nuevos diésel. Aprobado en octubre de 2017, el pago adicional en el peaje para entrar al centro de Londres para vehículos más sucios, sean nuevos o viejos, es uno de los pocos esfuerzos que conocemos que cobra a los autos, según sus tasas de emisión de contaminantes locales. Un esfuerzo similar existe en Oslo.

viles independiente de qué tan limpios o sucios sean, sino con restricciones en función de la edad del auto o, más precisamente, de la tasa de emisión de contaminantes del vehículo. El diseño óptimo consiste en una restricción prácticamente completa a vehículos con una tasa de emisión mayor a un cierto nivel (que hace que no sea socialmente óptimo que ese vehículo circule por la ciudad) y una eximición completa a vehículos con tasas por debajo de ese nivel. En el modelo calibrado por BGM (2018) para Santiago, el que está basado en un auto representativo que envejece y emite más con la edad, la tasa de corte para la eximición es de 16 años. Restricciones por edad no solo eliminan por completo el incentivo a la compra de un segundo auto, sino que también, y más importante aún, ayudan a acelerar la renovación del parque hacia vehículos más limpios.

Restricciones por edad son cada vez más comunes en la práctica. Santiago fue la primera ciudad en utilizarlas cuando en 1992 se eximió de la restricción existente a la fecha a todos los autos del año 1993 y posteriores (aquellos con convertidor catalítico). En el programa actual de restricción vehicular de Santiago, la restricción se hizo extensiva a vehículos equipados con convertidor catalítico anteriores a 2012, pero solamente de un dígito por día⁷. El programa Hoy No Circula en Ciudad de México también ha sufrido varios cambios; por ejemplo, vehículos de ocho o menos años de antigüedad están exentos de la restricción (además de otros vehículos, como los eléctricos). A partir de 2008, autoridades en Alemania han adoptado zonas de baja emisión (ZBE o LEZ por sus siglas en inglés) en varias ciudades. A diferencia de los programas de restricción en Santiago y Ciudad de México, las ZBE establecen restricciones completas a la entrada a los centros de las ciudades a todos los vehículos con tasas de emisión por encima de un cierto umbral. Esta estructura de “restricción completa a ciertos vehículos” también se encuentra en la restricción introducida en París en 2016 (que prohíbe a todos los vehículos 1997 y anteriores su entrada a los límites de la ciudad, todos los días de la semana de 8 am a 8 pm) y en los anuncios de autoridades de varias ciudades europeas, incluyendo Londres, París y Roma, de prohibir por completo la entrada de vehículos diésel a los centros de las ciudades en la década entrante⁸.

Si bien son efectivas para combatir la contaminación (BGM 2018; Wolff, 2014), las restricciones que diferencian a los vehículos por su año de fabricación (o por su tasa de emisión) no hacen mucha diferencia al momento de combatir la congestión, ya que todos los autos, independiente de su año de

⁷ Decreto Supremo N° 31, publicado en el Diario Oficial el 24 de noviembre de 2017.

⁸ China también ha introducido programas ZBE, por ejemplo, en Beijing en 2009 y en Nanchang en 2013.

fabricación, gestionan lo mismo. Ante esto, BMS (2018) muestran que, si el objetivo de una política de restricción es reducir la congestión vehicular, la forma de hacerlo es siguiendo a Daganzo (2000) y permitir el pago de un pase diario (peaje) que exima al vehículo de la restricción. A menos que el peaje sea muy alto, la opción de eximición elimina el incentivo a *bypasear* la restricción con la compra de un segundo auto. Es fácil darse cuenta de que si uno lleva una propuesta de restricción con peajes de eximición a cinco días de restricción a la semana, uno converge, por ejemplo, a lo que existe actualmente en Londres, y con ello a los mismos problemas de aceptación pública que sufren los esquemas de tarificación vial. Por lo mismo, estamos pensando en esquemas de uno o dos días de restricción a la semana, sin incluir sábado y domingo. En términos prácticos, y a diferencia de las restricciones que distinguen por año de fabricación, prácticamente no existen aquellas con peajes de eximición. El único caso que conocemos es el programa Pico y Placa en Cali, Colombia, donde a partir de 2017 se establecieron peajes de eximición; aunque autoridades en Bogotá y Santiago han considerado seriamente la posibilidad⁹.

Motivados por la realidad que afecta a muchas ciudades en el mundo, incluida Santiago, en esta propuesta estamos interesados en políticas de restricción que apunten a reducir ambas, la congestión y la contaminación. En consecuencia, consideramos una política de restricción con eximiciones de peajes y año de fabricación. Siguiendo a BGM (2018), la forma de combinar ambas eximiciones es relativamente simple: durante los periodos del año en que la contaminación (local) es un problema, la eximición por pago de peaje está disponible solo para aquellos vehículos cuya fabricación (o tecnología de combustión; la que sirva como mejor *proxy* a la tasa de contaminación del automóvil y que sea factible de monitorear) es posterior a un cierto año. La razón de esta fuerte diferenciación es que, según BGM (2018), este umbral está diseñado para separar aquellos vehículos cuyo beneficio privado asociado es menor que el costo derivado de las externalidades de contaminación que generan de aquellos en donde el beneficio privado es mayor que el costo de dichas externalidades.

Así, nuestra propuesta base incluye una restricción vehicular de dos días a la semana (cuatro dígitos diarios) durante las horas punta de lunes a viernes, con una opción de eximición vía el pago de un pase diario (peaje), dependiendo del tipo de vehículo: en los meses de primavera y verano, el pase diario (peaje) estaría disponible a todo vehículo a un precio de \$9.000; mientras,

⁹ A partir de una iniciativa impulsada originalmente por los senadores Guido Girardi, Manuel Antonio Matta y Manuel José Ossandón y, posteriormente, mejorada por el MTT bajo la conducción de Andrés Gómez-Lobo, aloja desde julio de 2016 en el Senado una propuesta de restricción vehicular con peajes de eximición, tal como se propone aquí.

en los meses de otoño e invierno, el pase estaría disponible solo para vehículos que cumplan una normativa de emisión Euro III¹⁰, al mismo precio de \$9.000. Existen razones para pensar que este corte no debiera ser igual para vehículos a gasolina y vehículos diésel. De hecho, resultados preliminares de Cifuentes (2018) indican que los vehículos diésel del año 2000 tendrían más altas tasas de emisión (de contaminantes locales) que vehículos a gasolina del mismo año. Para efectos de este informe, dejamos 2000 como el año de corte, sin perjuicio que esto pueda ajustarse ante nuevos antecedentes. Hay que agregar además que el año de corte debiera ser dinámico en el tiempo, ya que las tecnologías de control de contaminantes de los automóviles se van deteriorando con la edad. De hecho, según BGM (2018), el corte debiera ser de 16 años de antigüedad.

Para distribuir de forma más equitativa los beneficios totales que genera la propuesta, se propone que la recaudación de los pases diarios, que bordea los 500 millones de dólares anuales (en dólares de 2015), sea destinada en su totalidad al transporte público, combinando rebajas de tarifa y mejoras en el servicio (aumentos de frecuencia). Es importante enfatizar que estos recursos son adicionales a los que actualmente se destinan a subsidiar el transporte público y a escolares. En caso que estos recursos se utilicen para reducir el subsidio actual, creemos que nuestra propuesta es inviable, ya que deja a los grupos de menores ingresos estrictamente peor.

Consideramos que esta es una propuesta “inteligente” por varias razones. En primer lugar, porque lleva a un aumento importante (aunque menor que el máximo posible) de bienestar en la población, tanto por reducciones en tiempos de viaje como de contaminantes locales y globales. Con dos días de restricción a la semana, los tiempos de viaje en auto caen en 14% y en buses en 3%. Estas caídas llevan a un aumento de bienestar total de 438 millones de dólares al año (en dólares de 2015), lo que corresponde a un 0,18% del PIB. Nótese que nuestros números están calibrados a 2015 y, por lo tanto, presentamos todo en dólares de ese año (cualquier actualización a 2018 requiere recalibrar algunos parámetros del modelo; pero cualitativamente nuestros resultados no debieran cambiar y cuantitativamente las estimaciones de beneficios debieran ser mayores producto del aumento del parque vehicular). En cuanto a las emisiones de contaminantes locales, para los cuales tenemos datos de las plantas de revisión técnica (CO, HC y NOx), nuestra propuesta los disminuye en alrededor de 9% en los meses de primavera y

10 El inicio de la entrada de vehículos Euro III a Chile fue en el año 2000, por lo que todos los vehículos fabricados antes de ese año debieran estar afectos a la restricción, sin la posibilidad de pagar un pase diario. Este es el año que usamos en nuestro análisis ya que por ahora no contamos con la información de la tecnología del auto.

verano y de 35% en los meses de otoño e invierno. Estas reducciones reportan una ganancia en bienestar adicional de 58 millones de dólares anuales (en dólares de 2015).

En segundo lugar, porque la propuesta de dos días de restricción incluye medidas redistributivas, que dejan a la mayoría de la población estrictamente mejor que sin la política, lo cual debiera facilitar su aceptación pública. Por ejemplo, si el total de la recaudación se destina a rebajar la tarifa del transporte público, incluyendo metro y buses, esta caería en 35%. Con esto los grupos de menores ingresos (quintiles primero y segundo) quedarían estrictamente mejor que sin la política. En ausencia de estas medidas redistributivas, estos grupos quedan estrictamente peor. La razón principal no está explicada por aquellos individuos que antes utilizaban el transporte público (la mayoría) y ahora lo encuentran un poco más atochado, sino más bien por aquellos que antes utilizaban el automóvil y ahora solo lo utilizarían los días de no restricción (no les compensa pagar el pase diario los días de restricción). El beneficio para estos últimos de desplazarse más rápido en automóvil los (tres) días sin restricción no compensa del todo, aunque aliviana la pérdida que significa tener que dejar el auto en casa los (dos) días de restricción (esto también aplica aun si se trata de un día de restricción; ver BMS 2018). Por eso, se hace necesario una compensación adicional vía una rebaja de tarifas en el transporte público (que puede ir combinada con mejoras en la frecuencia del servicio; aunque estos grupos de menores ingresos tienden, según BMS (2018), a valorar más la rebaja tarifaria que el aumento de frecuencia). Por otro lado, los grupos de mayores ingresos (último quintil en particular) se benefician independiente de la forma en que se distribuyan los ingresos de los peajes. Para estos individuos, las ganancias producto de los ahorros en tiempos de viaje son altamente valoradas, por lo mismo, la gran mayoría opta por pagar el pase diario.

Por último, creemos que nuestra propuesta de restricción es inteligente porque tiene factibilidad política de implementación, ya que comparte elementos de propuestas existentes o bajo consideración. Nos referimos tanto a la actual política de restricción del MMA, que exige a vehículos con cierta antigüedad, como a la propuesta impulsada en 2016 por el MTT, que ahora aloja en el Senado y que exige a los vehículos ante el pago de un peaje. Creemos, además, y siguiendo lo que ocurre actualmente en Cali y Londres, por nombrar algunos ejemplos, que sería posible destinar la totalidad de los ingresos de los pases diarios a hacer más atractivo el transporte público, combinando rebajas tarifarias y mejoras de servicio. Esto último es indispensable para lograr una mayor aceptación de la propuesta, sin descartar una consulta pública.

El resto del informe está organizado de la siguiente forma. En la próxima sección explicamos la propuesta en más detalle. Luego, entregamos la justificación técnico-económica de la propuesta. A continuación, discutimos algunos desafíos para la implementación de la misma y, finalmente, se presentan conclusiones.

La propuesta

1. Antecedentes y fuentes de información

La última Encuesta Origen-Destino de Santiago del año 2012 (EOD, 2012) mostró que el número de viajes diarios dentro de Santiago superaba los 18 millones, donde poco más de un 60% se realizaba en vehículos motorizados. De considerarse solo estos últimos, la participación modal del transporte privado (incluyendo autos particulares y taxis) llega al 42% de los viajes, mientras que la del transporte público (incluyendo buses y metro) al restante 58%. Todo indica que un incremento en la participación modal del transporte público reduciría la congestión en la ciudad.

Para estudiar la congestión se utilizaron datos de la EOD 2012 y se agregó información de Sectra para separar a la población en diferentes grupos de ingreso. Los grupos de ingresos son los mismos que en BMS (2018), resumidos en la Tabla 1. El porcentaje de población que representa cada grupo está en la última columna de la tabla. En mucho de lo que resta del estudio nos referiremos al grupo 1 como al grupo de menores ingresos y al 5 al de mayores ingresos.

TABLA 1. **Distribución de la población según grupo de ingresos**

Grupos de ingreso	Ingresos mensuales por hogar	Porcentaje del total
1: Ingreso bajo	\$0 - \$242.177	12%
2: Ingreso medio-bajo	\$242.178 - \$484.355	27%
3: Ingreso medio	\$484.356 - \$968.710	34%
4: Ingreso medio-alto	\$968.711 - \$1.937.419	19%
5: Ingreso alto	\$1.937.420 - \$...	8%

Nota: ingresos están en pesos chilenos de 2015.

Fuente: elaboración propia en base a datos de Sectra.

Las velocidades observadas en Santiago en hora punta varían para las distintas calles, sin embargo, reciente información sugiere un promedio de 18 km/h en el transporte público¹¹ y de 23 km/h en el privado¹². Si bien estos datos varían según la metodología de medición, son un buen indicador de que, si bien la velocidad máxima urbana es de 50 km/h, las velocidades en hora punta son en promedio menos de la mitad de ese valor.

Por otro lado, para estudiar las emisiones se utilizaron datos provenientes de plantas de revisión técnica de los años 2015 y 2016. Con esta información se pudo determinar que las emisiones de los vehículos varían fuertemente dependiendo del tipo de vehículo, su año de fabricación, el tipo de gasolina que utilizan y la marca (ver más detalles en anexo B). Sobre esta base se obtuvieron las emisiones de contaminantes de los distintos tipos de vehículos y se proyectaron las emisiones totales del sistema en distintos escenarios de restricción. Los contaminantes locales considerados son NO_x, CO y HC, incluidos en el control de gases de la inspección vehicular.

Usando los datos de la Encuesta de Parque Automotriz del INE de 2015 y la clasificación de Bento et al. (2009), la distribución de vehículos que tiene la RM se muestra en la Tabla 2. El cuadro superior muestra que la mayor proporción de autos se concentra en los modelos más pequeños o subcompactos, mientras que el cuadro inferior muestra que la fracción predominante del parque se concentra fuertemente (32,5%) en vehículos de cinco o menos años de antigüedad, lo que no sorprende, dado el rápido y constante crecimiento del parque. De la misma encuesta del INE podemos identificar que cerca de un 80% de los vehículos en Santiago son a gasolina, mientras que solo un 20% son vehículos diésel, lo que es consistente con la Encuesta del Parque Automotriz que realiza el Servicio de Impuestos Internos (SII). Esta muestra que dentro de la Región Metropolitana un 80,1% de los vehículos son a gasolina (2% de los cuales no están equipados con convertidores catalíticos), un 19,7% diésel, un 0,2% a gas y un 0,04% eléctricos.

Por otra parte, la distribución de los tipos de auto varía en forma importante entre los distintos grupos de ingreso, tal como muestra la Tabla 3. Por ejemplo, en el caso de los SUV (vehículos utilitarios deportivos, del inglés *sport utility vehicle*), por cada uno que se observa en el grupo de ingreso más bajo, grupo 1, observamos 14 en el de ingreso más alto, grupo 5. En cambio, por cada subcompacto que vemos en el grupo 1, vemos seis en el grupo 5. Al ser más económicos, los subcompactos se encuentran más uniformemente repartidos entre los distintos grupos de ingreso.

11 Visto en <http://www2.latercera.com/noticia/minima-velocidad-buses-del-transantiago-pueden-llegar-18-kmh-hora-punta/>

12 Visto en <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2012/03/06/reingreso-de-257-mil-autos-a-santiago-bajo-velocidad-a-23-kmh-en-hora-punta/>

Ahora bien, siguiendo la metodología de BGM (2018) que relaciona edad de los vehículos con ingresos, la primera también varía en forma importante entre los distintos grupos de ingreso, tal como se observa en la Figura 1. Los vehículos más nuevos, de cinco y menos años, por ejemplo, se concentran principalmente en los grupos de ingresos más altos, 4 y 5, mientras que los vehículos más antiguos, de 15 o más años, se concentran fuertemente en los grupos de ingresos más bajos, 1, 2 y 3. Esta segmentación es importante, ya que las tasas de emisión de contaminantes locales (NOx, CO y HC) son mucho más altas en los vehículos más antiguos (ver Anexo B para más detalles).

TABLA 2. **Composición de la flota vehicular en la RM al año 2015 según modelo y edad**

Modelo	Porcentaje
Subcompacto	35,3%
Otros particulares	24,7%
SUV	17,1%
Compacto	13,8%
Camionetas	5,4%
Mediano	3,7%

Año de fabricación	Porcentaje
.....-1980	0,9%
1980-1985	1,2%
1985-1990	2,0%
1990-1995	7,8%
1995-2000	17,0%
2000-2005	16,3%
2005-2010	22,5%
2010-2015	32,5%

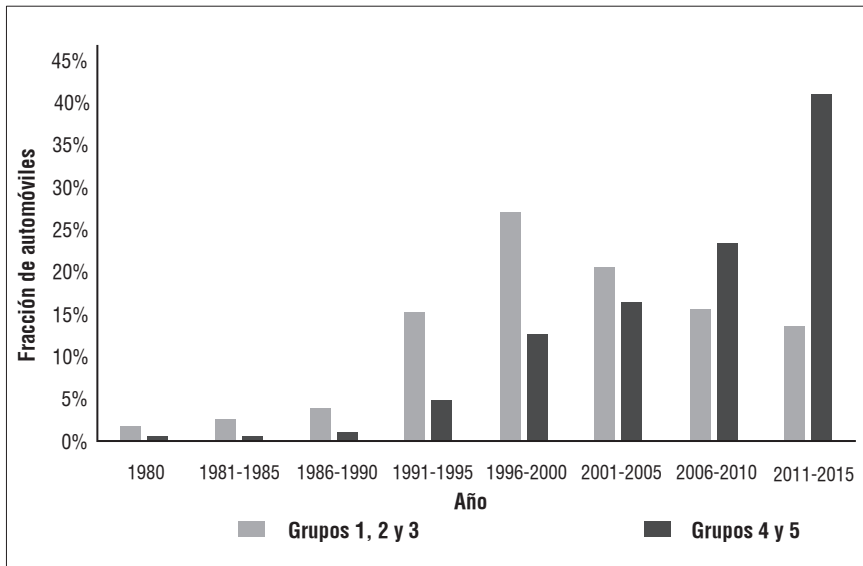
Fuente: elaboración propia en base a datos de Encuesta de Parque Automotriz del INE (2015).

TABLA 3. **Distribución de la flota vehicular según grupo de ingreso**

Grupo de ingreso	1	2	3	4	5
Compacto	0,3%	0,9%	2,1%	3,9%	6,6%
Gasolina	0,1%	0,7%	1,8%	3,7%	6,2%
Diésel	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	0,4%
Medianos	0,1%	0,1%	0,5%	1,1%	2,1%
Gasolina	0,0%	0,0%	0,4%	1,0%	2,0%
Diésel	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Camionetas	0,8%	0,9%	1,0%	1,2%	1,4%
Gasolina	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%
Diésel	0,6%	0,6%	0,7%	0,8%	1,0%
Otros particulares	2,1%	2,5%	3,5%	5,4%	11,3%
Gasolina	1,7%	2,1%	3,1%	5,2%	10,8%
Diésel	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	0,5%
Subcompacto	2,4%	3,6%	5,8%	9,4%	14,0%
Gasolina	1,6%	2,8%	5,1%	8,8%	13,2%
Diésel	0,8%	0,8%	0,7%	0,6%	0,8%
SUV	0,6%	1,3%	2,5%	4,5%	8,2%
Gasolina	0,2%	0,7%	1,7%	3,4%	6,4%
Diésel	0,4%	0,5%	0,7%	1,1%	1,9%

Fuente: elaboración propia en base a datos de la Encuesta de Parque Automotriz del INE (2015).

FIGURA 1. Distribución de edad de autos según grupo de ingreso



Fuente: elaboración propia en base a datos Encuesta de Parque Automotriz del INE (2015).

2. Elementos centrales de la propuesta

Nuestro análisis de restricción vehicular está calibrado para la ciudad de Santiago, aunque nada impide que su implementación sea más acotada geográficamente, por ejemplo, al anillo Américo Vespucio, como lo es la actual restricción del MMA. Por otro lado, consideramos restricciones durante las horas punta, que suman siete horas en el día y para días de semana. Ambas consideraciones pueden ser flexibilizadas en análisis posteriores, ampliando el horario de aplicación (especialmente, en lo que se refiere a contaminación atmosférica, que actúa prácticamente durante todo el día) y extendiéndose al fin de semana.

La propuesta base incluye una restricción de dos días a la semana (cuatro dígitos diarios), durante horas punta, con la opción de eximición al pagar previamente un pase diario, cuyo valor depende del tipo de vehículo y época del año. De octubre a marzo, el pase diario está disponible a todo vehículo a un precio de \$9.000 pesos (este valor no es muy distinto de lo que vemos en Londres¹³), mientras que, de abril a septiembre, el pase estará disponible sólo para los vehículos que cumplan con la norma de emisión Euro III, a un precio base de \$9.000. El total de la recaudación de los pases diarios se destina al transporte público, combinando rebajas de tarifa y mejoras en el servicio.

¹³ Se cobran 11,5 libras esterlinas, que equivalen a 10.396,04 pesos al 11 de octubre de 2018 (esto sin considerar el pago adicional por el nivel de contaminación del auto, que en nuestro caso no está considerado).

3. Beneficios de la propuesta

La política actúa principalmente alterando las particiones modales¹⁴ hacia un mayor uso del transporte público. Esto trae como consecuencia, entre otras cosas, una reducción en tiempos de viajes y las emisiones de contaminantes globales (CO₂) y locales (HC, CO y NO_x), aunque en este informe solo nos enfocamos en la evaluación de estos últimos. En la propuesta base, las particiones modales llegarían a una proporción de 64% de individuos que eligen transporte público sobre el total, es decir, seis puntos porcentuales extra sobre el escenario de referencia. Las velocidades aumentarían en 3% para los buses y 14% para los autos.

Las ganancias en bienestar por reducción en tiempos de viaje alcanzan los 438 millones de dólares al año (en dólares de 2015). Sin bien esto es solo un 45% de las ganancias que se alcanzarían con una política de cinco días de restricción a la semana (que llevaría la participación modal del transporte público a cerca de un 76%), es igualmente significativo: cerca de un 0,18% del PIB del país.

En cuanto a las ganancias por disminución de emisiones, nuestras estimaciones muestran que en el período primavera-verano habría reducciones de 9% en promedio en emisiones de CO, NO_x y HC. Mientras que en el período otoño-invierno, cuando la política es más restrictiva hacia los autos que no cumplen con el estándar Euro III, habría reducciones de 35% en CO, NO_x y HC. Usando las estimaciones de daño de Rizzi y De la Maza (2017), estas reducciones en emisiones llevan a ganancias de bienestar adicional de 58 millones de dólares anuales (en dólares de 2015).

Justificación técnico-económica de la propuesta

1. Desde el punto de vista de la congestión

Existe consenso entre economistas e ingenieros de transporte en que la tarificación vial es la forma más eficiente de reducir la congestión vehicular (Basso y Silva, 2014; Basso y Jara-Díaz, 2012). No obstante, rara vez se han usado este tipo de políticas en la práctica y solo se ha logrado implementar en algunos países desarrollados. Una razón para esta oposición tiene que ver con las implicancias distributivas de las políticas de cobro por congestión. Contrariamente, en muchos países se han establecido restricciones vehiculares, que al percibirse como más equitativas, han tenido menor oposición. Sin embargo, en algunos casos, estas han tenido efectos no deseados, como la compra de un segundo auto, que la experiencia en Ciudad de México de 1989 lo ilustra muy bien (Davis, 2008; Gallego et al., 2013).

¹⁴ O reparto modal, refiere a la participación porcentual de cada modo de transporte en el total de usos de transporte.

Como respuesta a la tensión entre eficiencia y equidad que enfrentan políticas de tarificación vial, Daganzo (2000) propuso el uso de esquemas monetarios en combinación con esquemas no-monetarios, construyendo a partir de las restricciones vehiculares vigentes en muchas ciudades. Usando sus palabras, la idea básica es que los conductores “tomen turnos” para circular cada semana, pero que igualmente puedan utilizar sus autos si pagan un pase diario los días que tienen restricción (cuando no era su turno). Esta idea se alinea con la política de pase diario propuesta en 2016 que buscó implementar el MTT en 2017.

Utilizando un modelo de transporte público-privado calibrado para la ciudad de Santiago, BMS (2018) estudian la eficiencia y las implicaciones distributivas de tales esquemas de restricción con eximición vía el pago de un pase diario. Algunos elementos técnicos del modelo se detallan en el Anexo A. El resultado principal de BMS (2018) es que las ganancias distributivas de un sistema de restricción con pase de diario son bajas en comparación con los costos alternativos en eficiencia. Debido a lo anterior, los autores sugieren que estos esquemas pueden ser efectivos como una introducción para un esquema de tarificación vial a futuro, pero para ello deben ser igualmente acompañados de instrumentos que permitan distribuir la recaudación generada de forma más equitativa, por ejemplo, a través de rebajas a la tarifa del transporte público o a inversiones en la calidad del sistema (por ejemplo, aumentando la frecuencia de buses).

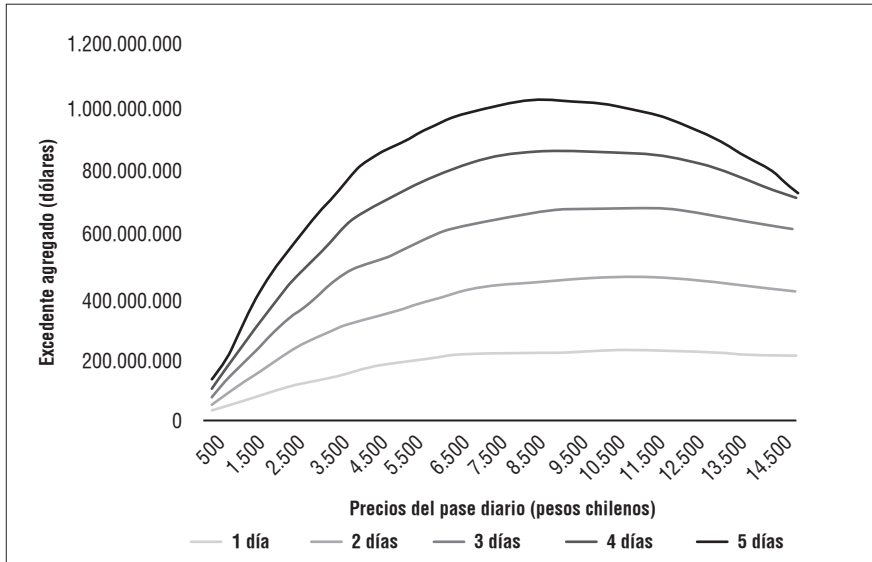
1.1. Cambios en bienestar sin transferencias entre grupos de ingreso

Consideremos primero el caso en que toda la recaudación del pase diario vuelve a los grupos de ingresos en forma de suma alzada, pero en cantidades exactamente iguales a las que pagaron cada grupo de ingreso en pases diarios. Esto permite enfocarnos exclusivamente en los impactos de asignación de la política entre modos de transporte, dejando de lado consideraciones de transferencias entre grupos. Tal como muestran BMS (2018), la tarificación vial –restricción de cinco días con pase diario– es la política más eficiente, es decir, aquella que maximiza el bienestar agregado, cuando el pase diario se fija en su nivel óptimo que es de 9.500 pesos (para facilitar la exposición hemos mantenido el valor de los pases diarios en pesos chilenos de 2015). En este caso, los beneficios de la política se estiman en unos 1.009 millones de dólares anuales, equivalentes a 0,42% del PIB nominal de Chile en 2015 (242.000 millones de dólares). En este punto de máxima eficiencia, la participación modal del transporte público es de un 76%.

La Figura 2, en su curva superior, muestra cómo el bienestar agregado cambia a medida que uno se aleja del valor óptimo del pase diario de 9.500 pesos. Las curvas inferiores de la Figura 2 muestran el bienestar agregado para distintos niveles de pase diario. Por ejemplo, si se opta por un solo día de restricción a la semana (tal como en la propuesta del MTT de 2017), en el mejor de los casos se podría llegar a un 21,2% de los beneficios máximos que se obtienen con la política de restricción de cinco días, lo cual exigiría un pase diario de más de 10.000 pesos, aunque con un pase de 8.000 se podrían alcanzar casi los mismos beneficios agregados. Esto se explica porque son muy pocos los que cambian sus decisiones de modo de transporte en el rango de precios que van desde 8.000 a 10.000 pesos.

Dado que aspirar a no más del 21% del máximo bienestar posible es bajo, en esta propuesta planteamos dos días de restricción, con lo cual se podría obtener un 44% de los máximos beneficios, con valores del pase diario del orden de 9.000 pesos. En este caso, las particiones modales llevarían a un 64% de individuos a optar por el transporte público sobre el total, es decir, seis puntos porcentuales por encima del escenario de referencia, sin intervención. Las velocidades aumentarían en 3% para los buses y 14% para los autos.

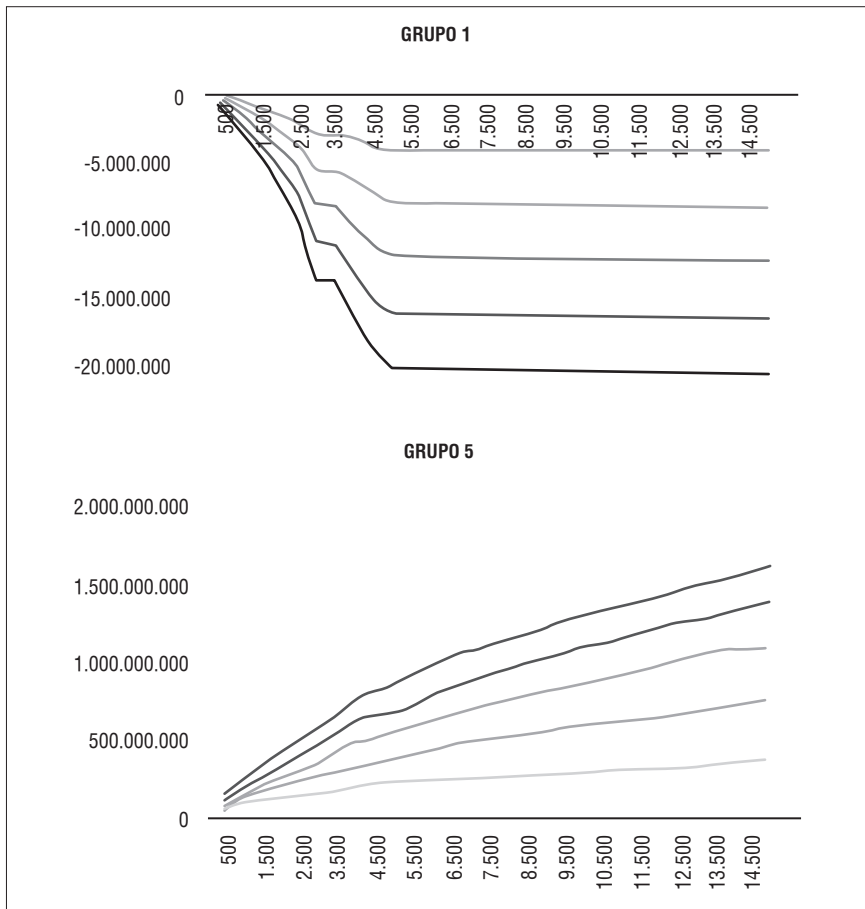
FIGURA 2. Bienestar agregado para distintas políticas de restricción



Fuente: BMS (2018).

Separando los beneficios según grupo de ingresos, BMS (2018) muestran que los grupos de menores ingresos quedan estrictamente peor para todas las políticas de pase diario, sin importar el número de días de restricción. Por el contrario, el grupo de ingresos más alto está particularmente mejor con la política. Bajo esta óptica, cualquier esquema de restricción, independiente del número de días, aparece como regresivo (ver Figura 3 para más detalles). Esto se aparta de lo planteado por Daganzo (2000), quien intuía que para esquemas de uno o dos días de restricción la pérdida de bienestar en los días de restricción sería más que compensada con el aumento de bienestar en los días de no restricción, producto de la mayor velocidad de circulación. Dado que esto claramente no se cumple, aparece la necesidad de contar con medidas que logren una mejor distribución de los beneficios agregados.

FIGURA 3. Bienestar de cada grupo de ingresos sin transferencias



Fuente: BMS (2018). Los ejes y las unidades son las mismas que en Figura 2.

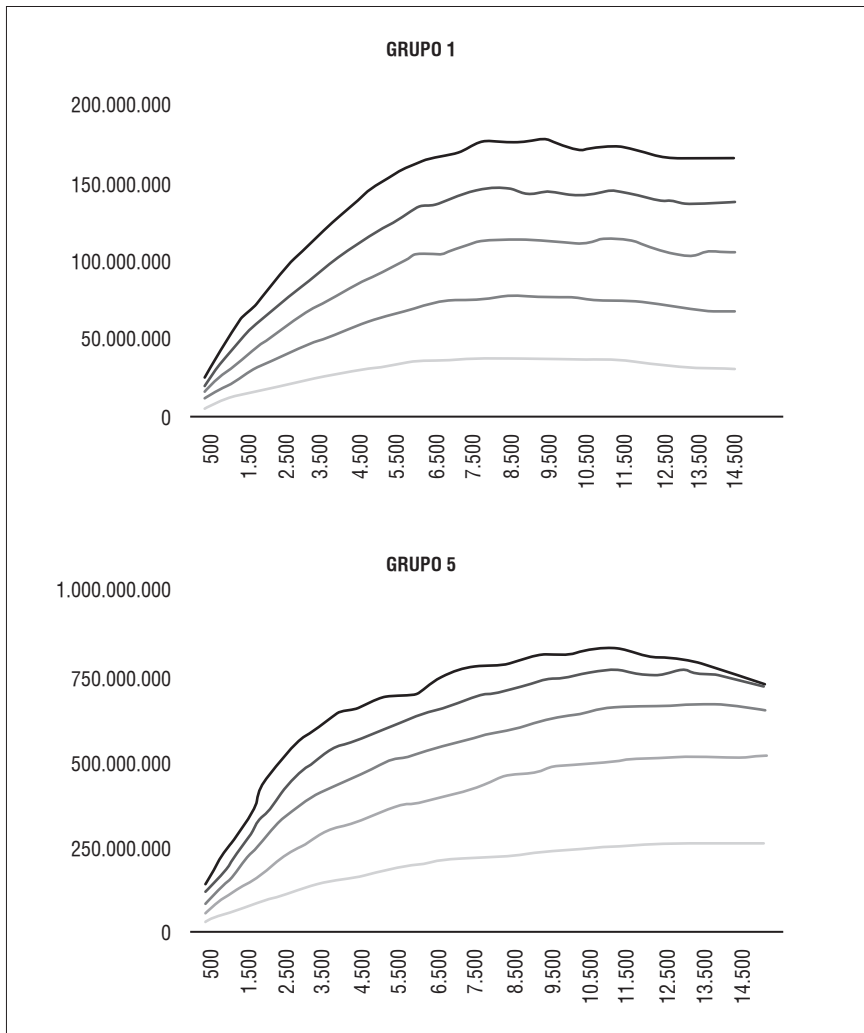
1.2 Cambios de bienestar con transferencias entre grupos

Ante la ausencia de transferencias directas entre grupos, aparecen dos alternativas para distribuir mejor los beneficios agregados, ambos a través del transporte público. La idea es inyectar el 100% de la recaudación del pase diario en el transporte público, ya sea (i) rebajando las tarifas, tanto de metro como buses, o (ii) mejorando su servicio, en particular, aumentando la frecuencia de los buses.

Tal como se explica en BMS (2018), se consideraron dos ejercicios: uno donde el 100% de la recaudación se utiliza para reducir las tarifas del transporte público; y otro donde la recaudación se reparte de forma óptima entre reducciones de tarifas y mayores frecuencias del transporte público. En el primero, los beneficios agregados se mantienen intactos para cualquiera de las políticas. Por ejemplo, el bienestar de la política de restricción de cinco días con pase diario de 9.500 pesos se mantiene en 1.009 millones de dólares. Sin embargo, la distribución de estos beneficios es ahora más equitativa, donde, en este caso, los individuos más pobres están mejor (ver Figura 4).

En el segundo ejercicio, donde el 100% de la recaudación se reparte en forma óptima entre aumento de frecuencia y rebaja de tarifas, los resultados redistributivos se mantienen, pero el bienestar agregado aumenta. Por ejemplo, el bienestar agregado bajo la política de restricción de cinco días y pase diario óptimo, sube a 1.105 millones de dólares. Esta última llevaría la participación modal del transporte público a 75%, lo que requeriría un aumento en las frecuencias de 20% para satisfacer óptimamente el aumento de demanda.

FIGURA 4. Bienestar social de cada grupo de ingresos con transferencias: recaudación del pase diario para reducir tarifas de transporte público



Fuente: BMS (2018). Los ejes y las unidades son las mismas que en Figura 2.

1.3 Otras consideraciones

Finalmente, en las extensiones, BMS (2018) muestran que los valores de pase diario estimados en las políticas óptimas no incentivan la compra de un segundo auto para evitar la restricción. Por otra parte, estudian el impacto de la generación de pistas solo buses e identifican que, si bien esta política disminuiría la velocidad de los autos en el sistema, aumentaría significativamente la velocidad de los buses e, incluso, podría lograr un aumento de bienestar

social mayor al de una política de restricción vehicular con pase diario o tarificación vial. Esto es consistente con lo encontrado por Basso y Silva (2014). Sin embargo, su implementación requeriría un compromiso de la autoridad aún mayor.

Ambas políticas no se contraponen y podrían ser implementadas conjuntamente en el mediano plazo. En ese sentido, se recomienda, al menos, la evaluación de implementar pistas especiales para buses (que no considere la posibilidad de circular a taxis) en todas las grandes arterias de la ciudad. El estudio evidencia que una restricción vehicular permanente de un día, con pase diario, tiene un beneficio social muy bajo, comparado con el óptimo de tarificación vial, por lo que se concluye que las restricciones deben ser, en un principio, de al menos dos días a la semana. Asimismo, se identifica que la mejor forma de distribuir los beneficios de una política de este tipo es usando el total de la recolección del pase diario en rebajas de tarifas del transporte público y mejoramiento de la calidad de su servicio. Esto produce una distribución de los beneficios más equitativa que el resto de las políticas simuladas, siendo los individuos de menos ingresos algunos de los más beneficiados.

2. Desde el punto de vista de la contaminación

Si bien la congestión parece ser lo más relevante desde el punto de vista del aumento del parque, también es importante considerar los efectos de las emisiones (Rizzi y De la Maza, 2017). De acuerdo con los resultados en congestión, una política de restricción vehicular con pase diario tendría impacto en las emisiones de contaminantes locales (HC, NO_x, PM_{2.5}) y globales (CO₂) por el simple hecho de que se reduce el uso del automóvil y aumentan las velocidades a que circulan los autos. Si bien el transporte público recibe mayor demanda y con ello un posible aumento en frecuencia, hay dos efectos que se contraponen a esto: que los buses circulan más rápido y que una parte importante del aumento de demanda es absorbido por el Metro. Para efectos de este informe, no hemos considerado posibles cambios en emisiones locales del transporte público. Solamente se ha contemplado un cambio en emisiones de los autos.

Si una política de restricción por congestión hace caer las emisiones, ¿qué sentido tiene exigir mayores reducciones de emisiones? Pues bien, ese es el problema precisamente estudiado por BGM (2018). En ese trabajo, se parte de una situación en que la congestión está resuelta, posiblemente con una tarificación vial, y se estudia la ganancia de bienestar adicional a la introducción de políticas de restricción vehicular para reducir la contaminación local.

Este es el problema que queremos analizar aquí: ¿qué tipo de medidas adicionales debieran ser consideradas por encima de una política de restricción con pase diario? El trabajo de BGM (2018) nos entrega dos luces muy

importantes al respecto. La primera es que las políticas de restricción para la contaminación deben ser pensadas para afectar exclusivamente el margen extensivo, es decir, el tipo de vehículo a comprar, y nunca el margen intensivo, es decir, el uso del vehículo (kilómetros recorridos).

Esto explica por qué las políticas que establecen restricciones a todos los vehículos en forma pareja, como en Ciudad de México en 1989, sin diferenciar por tasas de emisión, terminan siendo perjudiciales para la población, aún sin considerar el efecto “segundo auto”. De hecho, en sus simulaciones para Santiago, BGM (2018) encuentran que una política de restricción pareja de dos dígitos diarios lleva a una pérdida de bienestar de magnitud similar a la ganancia que significa implementar el primer mejor (la solución que maximiza el bienestar social). Y esto sin considerar la compra de un segundo auto. La razón de la pérdida es que las políticas de restricción no distinguen entre viajes más y menos valiosos al momento de racionar el uso del auto (es lo que se conoce en Economía como racionamiento proporcional, a diferencia de un racionamiento eficiente que parte por eliminar los viajes menos valiosos). Tratan todos los viajes por igual. En otras palabras, lo que hacen estas políticas de restricción “parejas” es reducir en un porcentaje el bienestar/costo social que se deriva del uso del automóvil. Así, se destruye bienestar social en autos nuevos y limpios, donde el beneficio privado es mayor que el costo asociado a las externalidades de los contaminantes locales y, al mismo tiempo, se resuelve solo parcialmente la pérdida social del uso de autos viejos y sucios, donde el beneficio privado es menor que el costo de la externalidad que generan.

La primera lección, entonces, de BGM (2018) es que una restricción por contaminación debe partir por identificar a aquellos vehículos que le reportan un bienestar social a la población de los que le reportan una pérdida social. Cuando la contaminación es un problema menos serio, digamos en los meses de primavera y verano en el caso de Santiago, prácticamente todos los autos que están en uso reportan un bienestar social, ya que en este caso el bienestar privado y social no son muy distintos (recuerde que en este análisis el problema de congestión está resuelto). En los meses de otoño e invierno, sin embargo, el beneficio social es menor al beneficio privado, por lo tanto, puede ser óptimo desde un punto de vista social dejar fuera de circulación a todos aquellos autos que reportan pérdidas sociales. En la simulación de BGM (2018) el punto de corte que separa ambos tipos de autos es 16 años de antigüedad.

Para el problema que nos ocupa, un buen punto de partida para establecer más precisamente dicho punto de corte es el trabajo de Cifuentes (2018) basado en resultados de Rizzi y De la Maza (2017). Según indica su autor, aquellos autos equipados con tecnología Euro I son cinco veces más contaminantes (medido en términos de daños por kilómetro recorrido) que los equipados con tecnología Euro III. Dado que nuestra base de datos no identifica la tecnología del automóvil, para efectos de nuestro análisis fijamos el corte en el año 2000 para los autos a gasolina, que es cuando la tecnología Euro III comenzó a entrar mayoritariamente en el país, a pesar de que solo comenzó a ser exigida formalmente en todos los modelos nuevos a partir de septiembre de 2005. El punto de quiebre es menos evidente para los vehículos diésel, que a 2015 representaban aproximadamente el 20% de la flota total del país. Según cálculos preliminares de Cifuentes (2018), los vehículos tienen niveles de emisión significativamente diferentes a los vehículos a gasolina en los años 2000.

Al fijar el corte en el año 2000, el impacto en las emisiones en primavera-verano será distinto que en otoño-invierno. En este último periodo, las reducciones serán mayores, producto de que existen propietarios de vehículos anteriores a 2000 que estaban dispuestos a pagar el pase diario durante el periodo primavera-verano. En la Tabla 4, se muestran, por ejemplo, los cambios en emisiones de NOx para las distintas políticas en primavera-verano y verano-invierno, respectivamente, desde uno a cinco días de restricción con el pase diario fijado en su nivel óptimo, durante ambos periodos del año. Detalles de la construcción de estas tablas están en el Anexo B.

La segunda lección de BGM (2018) es que importantes beneficios por esta medida adicional, el permitir solo a dueños de vehículos con tecnología Euro III y superior eximirse de la restricción vía pago de un pase diario, van más allá de los de corto plazo que se observan en la Tabla 4. Nos referimos a los beneficios de largo plazo que provienen de acelerar la renovación más rápida de la flota hacia vehículos más limpios. Si bien este es un beneficio que no documentamos formalmente en este informe, es igualmente importante hacerlo de la mejor forma posible. Para esto, lo más útil es partir ilustrando el efecto de la política de restricción vehicular de Santiago de 1992, donde se eximió de la restricción a todos los vehículos del año 1993 y posteriores (los cuales tenían que venir equipados con convertidor catalítico).

TABLA 4. **Reducciones de emisiones de NOx para distintas políticas en primavera-verano y otoño-invierno**

Días de restricción	Otoño-invierno (%)	Primavera-verano (%)
1	12,5	3,3
2	34,2	7,9
3	53,3	12,6
4	70,8	17,5
5	85,3	22,4

Fuente: elaboración propia en base a CASEN y Datos de Revisiones Técnicas del año 2015 y a BMS (2018).

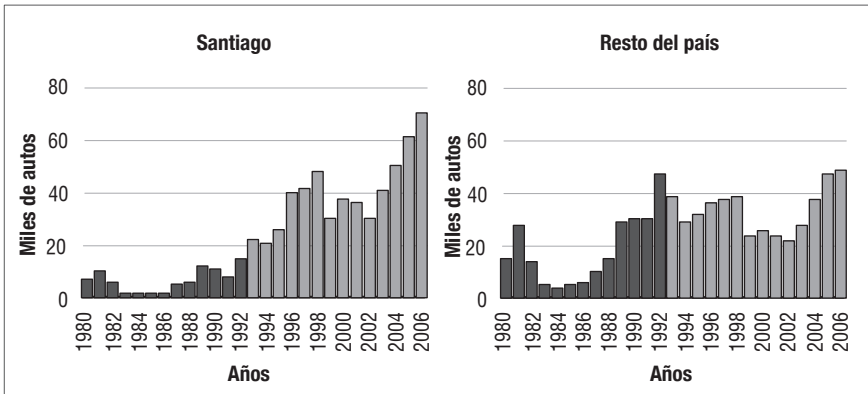
La Figura 5, tomada directamente de BGM (2018) y construida a partir de datos de pagos de permisos de circulación en todas las comunas de Chile, muestra que a 2006, 13 años después de implementada la política, el parque automotriz de Santiago es significativamente más limpio que en el resto del país. Cada barra muestra el número de autos para un año de fabricación en particular, siendo las más oscuras las de los vehículos anteriores a 1993 y las más claras, las posteriores. Sin duda que uno podría argumentar que parte de la razón de un parque más limpio en Santiago es producto del mayor ingreso. Sin embargo, varios análisis econométricos muestran un fuerte efecto de la política. De hecho, y usando las mismas bases de datos de revisiones técnicas, los autores encuentran reducciones importantes tanto de CO como de HC (no se pueden estimar reducciones en NOx ya que la tecnología de ASM de medición no opera en vehículos sin convertidor catalítico). Para 2006, estas reducciones varían entre 21% y 29% para el CO, y entre 14% y 23% para el HC.

A diferencia de lo que uno pudiera pensar, estas políticas que diferencian por año de fabricación no necesariamente llevan a exportar contaminación desde Santiago a regiones. Nuevamente, BGM (2018) exploran esta posibilidad. La Figura 6 muestra las flotas tanto en Santiago como en regiones antes de la política, mientras que la Figura 7 muestra las que se observarían en el largo plazo de aplicar la política de restricción óptima que consiste en prohibir la circulación de todos los vehículos de más de 16 años de antigüedad.

Es interesante observar que en regiones desaparecen los vehículos más antiguos, entre 24 y 28 años. La razón es que la masiva exportación de autos de menor edad desde Santiago a regiones deprime los precios de los

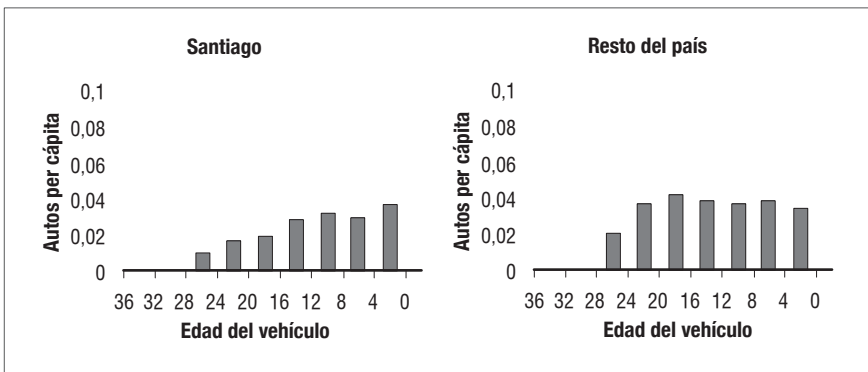
autos muy antiguos, llevándolos a un retiro temprano, lo cual lleva a menor contaminación, no solo en Santiago sino también en regiones. Es importante destacar que las composiciones de flotas en la Figura 7 son las de equilibrio en largo plazo. Es posible que en el corto plazo sí exista un efecto de mayor contaminación en regiones, pero es transitorio a medida que se renueva la flota. BGM (2018) tiene más detalles de los impactos distribucionales entre Santiago y regiones.

FIGURA 5. Flota de Santiago y resto del país en 1980-2006



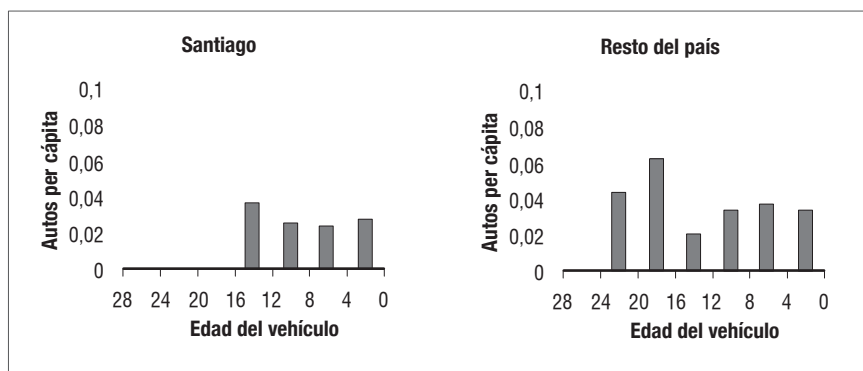
Fuente: BGM (2018).

FIGURA 6 Flotas en el largo plazo sin intervención



Fuente: BGM (2018).

FIGURA 7. Flotas en el largo plazo bajo una política óptima de restricción



Fuente: BGM (2018).

Desafíos de implementación

1. La propuesta construye sobre elementos conocidos

La propuesta planteada en este estudio tiene elementos comunes con otras. Tanto el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT) como el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) han desarrollado y planteado propuestas concretas para controlar las externalidades asociadas al uso de automóviles. Ambas tienen en común el uso de restricciones vehiculares en distintas modalidades.

El 7 de agosto de 2015, los senadores Guido Girardi, Manuel Antonio Matta y Manuel José Ossandón ingresaron un proyecto de Ley (Boletín 10184-15), que buscaba la implementación de una restricción vehicular permanente de dos dígitos por día, incluyendo autos con convertidor catalítico, para combatir contaminación y congestión vehicular. Adicionalmente, estaría la opción de aumentar la cantidad de dígitos en caso de alerta o emergencias ambientales.

Con fecha 6 de julio de 2016, el proyecto se aprobó en el Senado (18 a favor, cinco en contra, tres abstenciones y un pareo) y, posteriormente, el 20 de julio de 2016 se realizaron indicaciones: (i) que la restricción pueda distinguir entre tipo de vehículo, combustible, año de fabricación, tamaño, etc.; (ii) que se pueda aplicar de forma permanente o transitoria de acuerdo con la decisión del MTT; (iii) que incluya un pase diario para liberarse de la restricción por congestión; (iv) que sea evaluada cada 12 meses a contar desde su implementación; (v) que podrá ser evaluada mediante la implementación de planes piloto en zonas y períodos que determine el MTT; y (vi) que su evaluación considere una consulta ciudadana de carácter no vinculante que permita conocer la opinión de la ciudadanía.

Este proyecto fue tomado por el MTT del gobierno de Michelle Bachelet y se transformó en una propuesta concreta del programa del entonces ministro Andrés Gómez-Lobo. Sin embargo, por agenda política, la implementación no se logró materializar en su mandato, lo que repercutió en que hasta hoy se mantenga en “espera” en el Congreso. Actualmente, no se tiene conocimiento de alguna intención política para implementarla en el corto ni mediano plazo (de hecho, nada cercano fue incluido en la cuenta pública del 1 de junio de 2018).

Paralelamente, el MMA adaptó el plan de descontaminación para la ciudad de Santiago, para incluir el uso de restricciones vehiculares permanentes para vehículos con convertidor catalítico. El 11 de octubre de 2017 se firmó el Decreto Supremo N° 31 que indica, en relación a las restricciones, lo siguiente: (i) se implementará una restricción vehicular permanente de lunes a viernes durante el período comprendido entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de cada año; (ii) la restricción será de dos dígitos por día para vehículos inscritos antes del 1 de septiembre del año 2011; (iii) todos los dígitos para vehículos sin sello verde no podrán circular dentro del anillo Américo Vespucio, y tendrán cuatro dígitos restringidos al día fuera del anillo; (iv) vehículos inscritos después del 1 de septiembre de 2011 quedan exentos de la restricción; (v) en preemergencia ambiental aumentarían en dos dígitos los vehículos sin sello verde restringidos (fuera de A. Vespucio), llegando a seis dígitos, mientras que los vehículos con sello verde no tendrían cambios; y (vi) en emergencia ambiental los vehículos sin sello verde llegarían a ocho dígitos restringidos (fuera de A. Vespucio), mientras que los vehículos con sello verde aumentarían de dos a cuatro dígitos restringidos por día.

Con fecha 2 de mayo de 2018 se implementó el D.S. 31 con algunas modificaciones: (i) la restricción a autos catalíticos fue finalmente de solo un dígito por día para los anteriores al 1 de septiembre de 2011. Por lo tanto, la restricción a cada patente será una vez cada 10 días (sin incluir feriados y festivos); se aplica restricción a motos fabricadas antes del 1 de septiembre de 2010 de dos dígitos.

Muy posiblemente los impactos de esta política en contaminación y congestión son marginales dado que afecta una fracción menor del parque y con muy baja intensidad. En BGM (2018) se pueden encontrar razones que ayudan a entender este resultado. Si bien la política va en la dirección correcta, al intentar diferenciar entre vehículos que emiten más que otros, los resultados en BGM (2018) indican que faltaría haber intensificado las restricciones en vehículos más antiguos, anteriores al año 2000, por ejemplo. A pesar que nuestra propuesta comparte elementos claves de iniciativas anteriores, quedan, sin embargo, varios desafíos de implementación.

2. Lograr la aceptación de la propuesta

La idea de realizar un referéndum está en la propuesta del Senado que trabajó el MTT en 2016, algo que compartimos y consideramos dentro de nuestro planteamiento. La evidencia internacional sobre cobros por congestión muestra que el éxito de la implementación de una política como esta depende directamente de la aceptación pública. Los casos de Londres y Estocolmo enseñan que la pura voluntad política no basta para que la implementación sea exitosa. Para elaborar un poco más el punto, a continuación, se relata el contexto en que la tarificación por congestión fue implementada en dichas ciudades.

El proyecto de cobro por congestión en la ciudad de Londres fue un proceso largo que culminó con la implementación de la tarifa por entrar al centro de la ciudad. La preocupación por los altos niveles de congestión viene desde inicios de la década de 1960. A pesar de ello, no se comenzaron a discutir cargos por congestión hasta 1995. Ese año se creó un programa, dependiente del Departamento de Transporte de Londres, para investigar cargos por congestión en la ciudad. Este recomendó implementar una tarifa de cuatro libras por entrar al centro de la ciudad. Convencido de los resultados encontrados, el alcalde de Londres, Ken Livingstone, creó en 2001 un plan de 18 meses de consulta ciudadana. En él, se incentivó a que la comunidad participara del proyecto y sugiriera modificaciones al plan propuesto por el Departamento de Transportes de Londres. La voluntad política del alcalde junto con la masiva participación ciudadana y publicidad hecha para la implementación de la política son apuntadas como los factores claves para el éxito de ella¹⁵.

Al igual que Londres, la ciudad de Estocolmo tiene cobros por congestión desde el año 2007. Sin embargo, la aceptación de esta medida no fue siempre positiva. De hecho, los primeros planes para controlar el tráfico en esta ciudad surgieron en 1992, pero los costos políticos de esta medida llevaron a que no se realizara ninguna acción concreta en contra de la congestión hasta el año 2006. Fue en este año en que se comenzó a cobrar, de forma experimental, a los vehículos particulares que entraban al centro de la ciudad. En un comienzo, la implementación de la política fue fuertemente criticada por parte del público y los medios. No obstante, luego del fin de la fase piloto, los cobros por congestión fueron llevados a un referéndum en donde la ciudadanía votó, aprobándolos. El parlamento sueco aprobó la implementación definitiva de la tarificación por congestión en la ciudad a partir del año 2007¹⁶.

15 Para más información sobre la tarificación vial implementada en Londres, ver Leape (2006).

16 Para más información sobre la tarificación vial implementada en Estocolmo, ver Börjesson et al. (2012).

3. Elementos de diseño: horarios, zonas, pagos y plataformas digitales

3.1 Horarios y zonas

La política regirá inicialmente para horas punta de circulación en Santiago. Es decir, se restringiría desde las 7:00 hasta las 10:30 horas y entre las 17:45 y 20:15, completando siete horas al día de restricción. En nuestra evaluación, la zona restringida es la ciudad de Santiago, pero podría considerarse una zona geográfica menor, por ejemplo, el anillo que forma la circunvalación Américo Vespucio (266 kilómetros cuadrados).

Una zona geográfica de menor extensión, quizá pensando en un plan piloto, podría incluir el área comprendida entre las calles Av. Vicuña Mackenna, Av. General Velásquez, Av. Isabel Riquelme y la Autopista Central, que corresponden a la mayor parte de Santiago Centro (33 kilómetros cuadrados). Una última alternativa es utilizar las velocidades promedio que se detectan en Google Maps para definir una zona de extrema congestión, que comprendería principalmente un radio alrededor de las calles Av. Libertador Bernardo O'Higgins, Providencia y Apoquindo (16 kilómetros cuadrados).

3.2 Tratamientos de Uber, taxis y vehículos comerciales

En la tarificación vial implementada en Londres, los vehículos de plataformas tecnológicas como Uber, Cabify, Beat, entre otros, y los taxis, no son diferenciados del resto de los autos para el pago del pase diario. Por lo tanto, de pagarlo, podrían entrar a la zona restringida todas las veces que lo deseen durante el día. Lo anterior genera incentivos incorrectos, ya que, estos vehículos no internalizarían el verdadero costo de la congestión que provocan (ya que circulan en promedio más que el resto de los conductores y estarían pagando lo mismo; nuestro pase diario está calibrado para individuos que viajan del hogar al trabajo/estudio y, a lo más, realizan otro viaje dentro del día). Algo similar ocurre con vehículos comerciales en constante circulación por la ciudad.

Lo ideal en estos casos sería cobrar por lo efectivamente recorrido y a la hora en que ocurre. Si bien esto podría implementarse en plataformas y taxis, es difícil pensar en algo similar para vehículos comerciales, por lo menos hoy, aunque no a futuro. Alternativamente, se podría aumentar el pase diario para este tipo de vehículos, llevando a sus pasajeros (en caso de plataformas y taxis) y consumidores finales (en el caso de vehículos comerciales) a internalizar de mejor forma el costo externo que su viaje (sea del pasajero o de sus productos) imponen sobre el resto de los usuarios de la infraestructura vial.

4. Destinos de la recaudación

Uno de los elementos centrales de nuestra propuesta es que el total de la recaudación de los pases diarios sea destinado al transporte público, ya sea con rebajas de tarifas o mejoras en el servicio (aumento de frecuencia). Sin bien no hay que trivializar los costos de administración de un sistema de este tipo, creemos que en el mejor de los casos estos podrían llegar al 20% de la recaudación, esto es, a 100 millones de dólares al año.

Sabemos que en el país la recolección de cualquier impuesto debe llegar a la Tesorería General de la República. Al respecto, De Palma et al. (2007) señalan que el *ear-marking*, proceso en el cual se “marca” una recolección tributaria, sea total o parcialmente, para un destino específico, goza de poco apoyo por parte de los ministerios de finanzas, pues genera restricciones a la política de gasto del gobierno y produce inflexibilidad en el presupuesto de la nación. Luego, la teoría normativa de finanzas públicas tiende a desaprobado este tipo de instrumentos.

En línea con esto, en un reporte de la OECD, publicado en 2014, se señala que en muchos países de Latinoamérica no se asigna parte del presupuesto a fines específicos, o poseen un porcentaje muy bajo en esta categoría. Normalmente, estas determinaciones están definidas por la constitución o leyes en cada país. En Chile está prohibida constitucionalmente la redistribución de ingresos de una política para fines específicos, salvo que se trate de defensa nacional, desarrollo local o regional¹⁷.

Ante esto, el pase diario no debiera definirse como un tributo, sino, al igual que el permiso de circulación, como un permiso de circulación diario o un peaje. Existen varios ejemplos de este tipo de cobros que no reciben el nombre de impuesto y cuyo destino es distinto del de la Tesorería General. Entre estos destacan, por ejemplo: (i) peajes de carreteras donde el Estado fue o sigue siendo el dueño, (ii) permisos de circulación, (iii) pasaporte nacional, (iv) *royalty* minero (un porcentaje importante se queda en la zona donde se paga); (v) *royalty* pesquero; (vi) “impuestos” verdes por contaminantes locales (donde un porcentaje se queda en lugar de emisión), entre otros. Con esto, creemos que existe espacio para no definir el pase diario como un tributo, permitiendo que el destino de su total recaudación hacia el transporte público sea parte integral de la política pública propuesta.

17 Artículo 19, número 20, definido en la Constitución Política de Chile de 1980.

5. Fiscalización y evaluación posterior

El plan piloto del MTT tenía como objetivo el uso de las cámaras del Servicio de Encargo y Búsqueda de Vehículos de Carabineros de Chile para reconocer y enviar datos de patentes de forma automática y a tiempo real, para fiscalizar el pago del pase diario. El uso de esta información y su cruce con el de quienes hayan hecho el pago puede ser utilizado para establecer multas. La evaluación se deberá realizar periódicamente de modo de poder mejorar la implementación de la política y medir el impacto que se haya generado producto de los cobros. El aumento en las particiones modales públicas y mejoras en velocidades son variables claves para el cálculo del beneficio social de la política. De manera que el monitoreo de los resultados es definitorio para el éxito de la política. Asimismo, esto resalta la relevancia de comenzar con un plan piloto antes de establecer la política de manera definitiva.

Conclusiones

Avanzamos una propuesta de política pública de restricción vehicular que se construye a partir de iniciativas impulsadas en el pasado por el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Nuestra propuesta base incluye una restricción de dos días a la semana (cuatro dígitos diarios), durante horas punta, con una opción de eximición al pagar previamente un pase diario, cuyo valor depende del tipo de vehículo y época del año. El total de la recaudación de los pases diarios se destina al transporte público, combinando rebajas de tarifa y mejoras en el servicio.

Creemos que se trata de un diseño “inteligente” porque: (i) lleva a un aumento importante de bienestar en la población tanto por reducciones en tiempos de viaje como de contaminantes locales y globales; (ii) incluye medidas para distribuir los beneficios de la política en forma más equitativa entre los distintos grupos de ingreso; y (iii) tiene factibilidad política de implementación, ya que comparte elementos con propuestas existentes o bajo consideración.

Referencias

- Barahona, N., Gallego, F. y Montero, J.P.**, 2018. Vintage-specific driving restrictions. *Review of Economic Studies* (revisión reenviada).
- Baranzini, A., Carattini, S. y Tesauero, L.**, 2018. The Geneva congestion charge: rationale, design, and acceptability. Mimeo.
- Basso, L., Montero, J.P. y Sepúlveda, F.**, 2018. A practical approach for curbing congestion and air pollution: Driving restrictions with toll and vintage exemptions, working paper.
- Basso, L. y Jara-Díaz, S.**, 2012. Integrating congestion pricing, transit subsidies and mode choice, *Transportation Research: Part A*, 46, pp. 890-900.
- Basso, L., y Silva, H.**, 2014. Efficiency and Substitutability of Transit Subsidies and Other Urban Transport Policies, *American Economic Journal: Economic Policy*, 6, pp. 1-33.
- Bento, A., Goulder, L., Jacobsen, M. y Von Haefen, R.**, 2009. Distributional and efficiency impacts of increased US gasoline taxes, *American Economic Review*, 99, pp. 667-699.
- Börjesson, M., Eliasson, J., Hugosson, M. y Brundell-Freij, K.**, 2012. The Stockholm congestion charges-5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt, *Transport Policy*, 20, pp. 1-12.
- Cifuentes, L.**, 2018. Análisis exploratorio de los factores de emisión de fuentes móviles en Chile. Mimeo.
- Daganzo, C.**, 2000. Taking turns: Rx for Congestion, *Access*, 17, pp. 14-19.
- D'Haultfoeuille, X., Givord, P. y Boutin, X.**, 2014. The environmental effect of green taxation: the case of the French Bonus/Malus, *The Economic Journal*, 124, pp. F444-F480.
- Davis, L.**, 2008. The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City, *Journal of Political Economy*, 116, pp. 38-81.
- De Palma, A., Lindsey, R. y Proost, S.**, 2007. Investment and the use of tax and toll revenues in the transport sector, *Research in Transportation Economics*, Vol 19.
- Drummond, P. y Ekins, P.**, 2016. *Tackling air pollution from diesel cars through tax: options for the UK*. Technical report, UCL.
- Gallego, F., Montero, J.P. y Salas, C.**, 2013. The effect of transport policies on car use: Evidence from Latin American cities, *Journal of Public Economics*, 107, pp. 47-62.
- Hanna, R., Kreindler, G. y Olken, B.**, 2017. Citywide effects of high-occupancy vehicle restrictions: Evidence from “three-in-one” in Jakarta, *Science*, 357 (6346), pp. 89-93.

- Kwon, J. y Varaiya, P.**, 2008. Effectiveness of California's high occupancy vehicle (HOV) system. *Transportation Research: Part C*, 16, pp. 98-115.
- Leape, J.**, 2006. The London Congestion Charge. *Journal of Economic Perspectives*, 20, pp. 157-176.
- Rizzi, L. y De la Maza, C.**, 2017. The external costs of private versus public road transport in the Metropolitan Area of Santiago, Chile. *Transportation Research: Part A*, 98, pp. 123-140.
- Tirachini, A., Hurtubia, R., Dekker, T. y Daziano, R.**, 2017, Estimation of crowding, discomfort in public transport: Results from Santiago de Chile. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 103, pp. 311-323.
- Wolff, H.**, 2014. Keep your clunker in the suburb: Low-emission zones and adoption of green vehicles. *The Economic Journal*, 124, pp. F481-F512.
- Zhang, W., Lawell, C.Y. y Umanskaya, V.**, 2017. The effects of license plate-based driving restrictions on air quality: Theory and empirical evidence. *Journal of Environmental Economics and Management*, 82, pp. 181-220.

CÓMO CITAR ESTA PUBLICACIÓN:

Montero, J.P., Basso, L., Sepúlveda, F., Cifuentes, L., Valenzuela, P. y Vicuña, S., 2019. Una restricción vehicular inteligente para la congestión y contaminación de Santiago. En: Centro de Políticas Públicas UC (ed), *Propuestas para Chile. Concurso de Políticas Públicas 2018*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 79-113.

Anexo A

Detalles del modelo de Basso, Montero y Sepúlveda (2018)

El modelo desarrollado en esta investigación está basado en una ciudad con red vial origen-destino (OD), la cual posee agentes heterogéneos que definen sus viajes en un horizonte de planificación semanal. Cada agente puede optar por dos medios de transporte para cada día de la semana, bus –transporte público– o auto –transporte privado. Los agentes son heterogéneos en cuatro dimensiones: preferencias intrínsecas por el modo de transporte (constante modal), valoración del tiempo, utilidad marginal del ingreso y la tenencia del automóvil.

El Gobierno define una tarifa de circulación diaria para el transporte privado –que corresponde al pase diario– y la cantidad de días en que aplica la tarifa (desde cero a cinco). Además, define una tarifa de transporte público. La utilidad de cada individuo viene dada por:

$$U_k = \Omega_k(d_k) - C_k(d_k, r) - T_k(d_k)$$

donde $d_k = 1, \dots, 5$ es el número de días a la semana que el individuo k usa el auto; $r=1, \dots, 5$ es el número de días que el auto está restringido a entrar a la ciudad; Ω es una función que captura la preferencia modal intrínseca –medida en pesos–; y C_k y T_k son el costo de viajar y el costo monetario del tiempo, respectivamente. Estas tres funciones varían para cada individuo de acuerdo a su nivel de ingresos, lo cual es idéntico a lo utilizado por Basso y Silva (2014), que dividieron cinco grupos de ingreso.

La función del costo monetario del tiempo se calcula en base a una BPR¹⁸ que incluye la infraestructura vial de la ciudad, la cantidad de kilómetros promedio de cada viaje, la capacidad de los autos y los buses, el tiempo promedio de espera de cada viaje realizado en transporte público, entre otros. Algo que se agregó al modelo –en particular a esta función– para entregar resultados más fidedignos fue la elasticidad de la demanda por bus de acuerdo con el hacinamiento, lo cual proviene de las estimaciones de Tirachini et al. (2017).

Un individuo que no tiene auto está obligado a moverse en transporte público, por lo que, de alguna forma, este modelo supone que los viajes son esenciales y no se dejan de hacer. La única incógnita es el modo de transporte que deciden los individuos en esta red de transporte mixta.

18 Para más información ver Basso y Silva (2014).

Existen parámetros dentro de estas funciones –principalmente los que calculan las preferencias intrínsecas de cada modo– que son desconocidos. Para recuperarlos, los autores realizan una calibración del modelo con datos de referencia de la ciudad de Santiago obtenidos de la EOD de 2012 y Sectra. Los resultados de la calibración son fundamentales para los resultados del paper.

Dado que la utilidad de cada individuo depende del uso del automóvil en el agregado, y este, a su vez, depende de la utilidad de cada individuo, la maximización de utilidades requiere solucionar un problema de punto fijo. Para lograr lo anterior, los autores realizaron un algoritmo que llega al óptimo a través de un proceso de convergencia. Para más detalle, ver BMS (2018).

Anexo B

Metodología de cálculo de emisiones

En esta sección del capítulo, analizamos los cambios en emisiones de contaminantes locales, medidos como CO, NO y HC, debido a la política de restricción vehicular y pase diario. Para esto utilizaremos los resultados derivados del modelo, la base de datos de permisos de circulación y la base de datos de plantas de revisión técnica del año 2015.

Para llevar a cabo las estimaciones de reducción en la contaminación comenzamos por agrupar los vehículos basándonos en la clasificación de Bento et al., 2009. Debido a que la composición de autos en Chile difiere de la de Estados Unidos realizamos pequeñas modificaciones a la clasificación hecha por estos autores. Agrupamos los modelos de autos de las 16 marcas más representadas en el país dentro de cinco categorías. Esta clasificación fue efectuada de acuerdo con el tamaño de chasis y de motor del vehículo: subcompacto, compacto, tamaño medio, SUV y camiones pequeños. Además, incluimos aquellos vehículos particulares, clasificación heredada de la base de permisos de circulación, que no logramos reagrupar.

Teniendo nuestros grupos vehiculares, procedemos a la elección de los grupos de ingresos. Para aquello utilizamos la metodología de BGM (2018), y corremos una regresión con el número de vehículos-año-modelo-combustible con una serie de controles comunales. Estos controles son relativos a la composición de ingresos y distancia a Santiago, además de la tasa de urbanización. Dado que Sectra nos entrega los niveles de ingresos para nuestros grupos y estamos analizando una política en Santiago, podemos predecir el número de vehículos-año-modelo-combustible con los coeficientes ya estimados.

Las emisiones vehiculares se miden según el porcentaje promedio de emisiones que el vehículo realiza durante 30 segundos. Debido a que existe heterogeneidad en el volumen de gases emitidos por los vehículos es que debemos ajustar las mediciones. Para transformarlos, utilizamos la metodología de la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos. Esta institución estima una relación no lineal entre los gases, edad y peso de los vehículos. Los resultados, que aparecen en la Tabla B1, son en gramos de contaminante por kilómetro recorrido.

TABLA B1. Emisiones de CO, NOx y HC según tipo de vehículo y edad

	Todos		Subcompacto		Compacto		Otros part.		Mediano		SUV		Camiones pequeños	
	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel
Panel A: Monóxido de Carbono														
...-1980	15,26	18,21	10,94	13,06	4,52	5,39	14,51	17,32	11,79	14,07	47,81	57,06	N/A	N/A
1985-1990	9,79	11,68	9,48	11,31	9,89	11,80	10,16	12,13	8,33	9,94	8,82	10,53	N/A	N/A
1990-1995	0,60	0,62	0,61	0,63	0,56	0,58	0,59	0,61	0,59	0,61	0,59	0,61	0,96	1,00
1995-2000	0,34	0,28	0,34	0,28	0,32	0,26	0,32	0,26	0,33	0,27	0,33	0,27	0,52	0,43
2000-2005	0,09	0,06	0,09	0,06	0,09	0,06	0,09	0,06	0,09	0,06	0,09	0,06	0,15	0,10
2005-2010	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,04	0,13
2010-2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
Panel B: NOx														
...-1980	0,79	0,94	1,04	1,24	0,40	0,48	0,85	1,01	0,54	0,64	0,61	0,73	N/A	N/A
1985-1990	0,81	0,97	0,62	0,74	0,64	0,76	0,86	1,03	0,72	0,86	0,82	0,98	N/A	N/A
1990-1995	0,49	0,51	0,44	0,46	0,42	0,44	0,52	0,54	0,48	0,50	0,58	0,60	0,63	0,63
1995-2000	0,30	0,25	0,28	0,23	0,27	0,22	0,31	0,25	0,29	0,24	0,39	0,32	0,38	0,38
2000-2005	0,08	0,05	0,07	0,05	0,08	0,05	0,09	0,06	0,07	0,05	0,09	0,06	0,11	0,11
2005-2010	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02
2010-2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Panel C: Hidrocarburos														
...-1980	1,36	1,62	1,18	1,41	0,86	1,03	1,30	1,55	1,13	1,35	3,39	4,05	N/A	N/A
1985-1990	0,85	1,01	0,81	0,97	0,80	0,95	0,88	1,05	0,72	0,86	0,81	0,97	N/A	N/A
1990-1995	0,37	0,38	0,35	0,36	0,33	0,34	0,41	0,43	0,36	0,37	0,38	0,39	0,56	0,56
1995-2000	0,23	0,19	0,23	0,19	0,21	0,17	0,24	0,20	0,23	0,19	0,24	0,20	0,33	0,33
2000-2005	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,05	0,08	0,05	0,06	0,04	0,07	0,05	0,11	0,11
2005-2010	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,04	0,04
2010-2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01

Fuente: elaboración propia en base a datos de Revisiones Técnicas de 2015.

Debido a falta de mediciones de los gases de vehículos diésel en las bases de datos de plantas de revisión técnica, utilizamos la metodología de Rizzi y De la Maza (2017) para tener un aproximado de las emisiones de estos vehículos. Estos autores estiman el daño medioambiental de vehículos a gasolina y diésel. Los autores incluyen en sus estimaciones heterogeneidad en la edad del auto. De esta manera, podemos extrapolar los resultados encontrados para autos cuyo combustible es gasolina a aquellos que utilizan diésel.

Luego de obtener una base de datos comparable es que podemos analizar los cambios en emisiones de contaminantes locales bajo distintas políticas de restricción por congestión y pase diario. Esto es posible gracias a los resultados preliminares de BMS (2018). Asumiremos que este cambio en el uso vehicular afecta de igual forma a todos los usuarios dentro del grupo de ingreso. Esto es equivalente a decir que los vehículos que abandonan las calles son aleatorios dentro del grupo. Finalmente, los ahorros en contaminación se calculan como la diferencia de emisiones totales en el escenario de cero días de restricción con el escenario con restricción, todo partido por el caso sin restricción.