



FUNDAMENTA

15
febrero 2004

Evaluación Costo-Beneficio de la restricción al transporte de carga en el anillo Américo Vespucio

Declarando su intención de contribuir a mejorar la seguridad vial y detener –en parte– la congestión, contaminación y deterioro de pavimentos de las vías urbanas provocados por el transporte de carga de alto tonelaje, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones dictó en 2001 una norma que restringe su circulación al interior del anillo Américo Vespucio. Su cumplimiento no es fiscalizado en la actualidad, y nuestra evaluación de la medida muestra que no logra los beneficios planteados pero sí introduce costos a los afectados.

1. Introducción

El 5 de marzo de 2001 se publicó en el Diario Oficial el DS N° 18 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. En su Art. 1° impone restricciones a la circulación del transporte de carga al interior del anillo Américo Vespucio de la Región Metropolitana, con la excepción de algunos ejes especificados.¹ La disposición prohíbe el ingreso de camiones de más de dos ejes y/o peso bruto vehicular superior a 18.000 kilos² en el horario considerado como «punta»,³ aduciendo que el transporte de carga de alto tonelaje genera externalidades negativas en la seguridad vial, congestión y deterioro de pavimentos de las vías, más su contribución a la contaminación de las áreas urbanas. La evaluación costo-beneficio de este decreto, cuyos resultados se presentan en este documento, establece que los costos en que incurrirían los transportistas que se ven afectados por la medida son por mucho superiores a los beneficios que generaría la prohibición de hacerla efectiva en la práctica –a través de la fiscalización de su cumplimiento–, puesto que las estrategias posibles de adecuación para continuar el transporte de este tipo de carga –a saber, cambiar el tipo de vehículo que compone la flota por uno de menor tara y capacidad; adoptar el horario no punta, estrechando las ventanas de tiempo para atender a quienes demandan la carga transportada; o una combinación de ambas– repercuten negativamente sobre las externalidades que la medida declara abordar.

¹ La medida excluye a las autopistas Av. Presidente Eduardo Frei Montalva (Ruta 5 Norte) y Av. Presidente Jorge Alessandri Rodríguez (Ruta 5 Sur) y el eje Av. Cerrillos - Av. General Velásquez - Av. Joaquín Walker Martínez - Av. Apóstol Santiago, en la Región Metropolitana.

² Para efectos del presente análisis, no fueron considerados los camiones de más de 2 ejes betoneros, dado que la aplicación plena de las disposiciones de esta medida comenzará a regir a este tipo de vehículos sólo a contar del 31 de diciembre de 2006.

³ De lunes a viernes, entre las 7:30 y 10:00 horas, y de 18:00 a 20:30 horas.

2. Enfoque de la evaluación

Considerando que con o sin medida la carga debe seguir siendo transportada, resulta claro que los transportistas afectados deberán optar por alguna alternativa que les permita sortear la restricción ya sea mediante el cambio del tipo de vehículos que compone su flota, adoptando nuevos horarios de circulación, o a través de una combinación de ambas opciones, todas ellas costosas. Sin embargo, en la práctica, las disposiciones del DS N° 18 no se han aplicado en forma generalizada hasta el momento, por lo que no ha tenido un impacto relevante en los costos del transporte ni del sector construcción (importante demandante del transporte de carga de alto tonelaje).

La primera parte de esta evaluación analiza si las restricciones impuestas en la medida, que afectan la circulación de los vehículos de carga antes definidos, logran exitosamente los objetivos declarados y que corresponden a atenuar las externalidades asociadas al transporte de carga sobre seguridad vial, deterioro en los pavimentos, congestión y contaminación. Para esto, se procedió a realizar un análisis en términos unitarios⁴ en dos escenarios frente a la restricción horaria que establece la medida: el primero, en el que los afectados ajustan el horario de circulación de los camiones de gran tonelaje al horario no punta establecido por ley y, el segundo, en el que cambian las características de la flota.⁵

La segunda parte de la evaluación corresponde a la estimación de los costos de ajuste que deben ser asumidos por los

transportistas afectados por la medida. Dicha estimación se elaboró partiendo de los costos unitarios de ajuste para ambas opciones consideradas, que corresponden a costos generalizados de operación o costos de logística para los usuarios (empresas que utilizan los insumos que se transportan), para el cambio de flota o cambio de horarios, respectivamente. Finalmente, los costos totales se obtienen expandiendo los costos unitarios anteriores, según escenarios de incidencia relativa de las estrategias de cambiar de flota o cambiar de horarios.

2. El impacto de la medida sobre los objetivos declarados

■ Seguridad vial

Pese a que la disminución en la seguridad vial es indicada como una externalidad causada en parte importante por los camiones que transportan carga al interior de áreas urbanas, a través de las estadísticas oficiales tomadas a partir de los reportes de la Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito, CONASET,⁶ para la Región Metropolitana, es posible apreciar que la accidentabilidad asociada a este tipo de transporte tiene una incidencia comparativamente menor, especialmente al tomar como referencia la incidencia de accidentes causados por buses urbanos. Así, de acuerdo a registros de información para 2001 (ver Cuadro 1), la participación de camiones en accidentes del tránsito en esta región fue de 8% en relación con los accidentes

Cuadro 1
Accidentes de automóviles en la Región Metropolitana, 2001¹

	Muertos	Graves	Menos graves	Leves	Total lesionados	Total accidentes
Todos	464	3.035	3.131	13.858	20.024	26.995
Con participación de camiones	78	249	276	1.071	1.596	2.149
Con participación de buses urbanos	112	677	945	4.077	5.699	7.392
Incidencia camiones	17 %	8 %	9 %	8 %	8 %	8 %
Incidencia buses urbanos	24 %	22 %	30 %	29 %	28 %	27 %
Relación camiones/buses	70 %	37 %	29 %	26 %	28 %	29 %

Fuente: CONASET.

1. Incluye todos los tipos de camiones, pequeños, medianos y grandes.

⁴ Dado que no existe una adecuada cuantificación del parque de camiones, un análisis de tipo unitario aparece como una alternativa de evaluación que no afecta la solidez de los resultados.

⁵ En ambos escenarios se supone que los efectos de la medida sobre la demanda por transporte son marginales y se pueden obviar.

⁶ CONASET (2003), página web www.conaset.cl.

totales y representaron el 29% de los accidentes con participación de buses urbanos. Cabe señalar que las estadísticas existentes reportan los accidentes en los que se han visto involucrados camiones, sin diferenciar su tipo, por lo que es posible establecer que esta incidencia sería mucho menor si se contara con información específica para camiones de más de 2 ejes no betoneros, por cuanto éstos, por su peso total (tara más carga transportada), circulan a una velocidad mucho menor que los camiones de 2 ejes.

El estudio integral más reciente respecto de la seguridad de tránsito en Chile, realizado por CITRA (1996), identifica una serie de factores explicativos de accidentes, que incluyen la calidad de la infraestructura, la señalización, las medidas de protección, el número de vehículos en circulación y su velocidad, entre otros. Se debe notar que las únicas variables afectadas por la restricción horaria del DS N° 18 serían el número de vehículos, que aumentarían en el caso de la estrategia de reducir tamaño de los vehículos que componen la flota, y la velocidad, la que aumentaría si se desplazan los horarios. Cualquiera de los dos cambios tendería a aumentar el número de accidentes, no a reducirlo, por lo tanto el objetivo de mejorar la seguridad vial se contradice con las disposiciones adoptadas.

■ Deterioro de pavimentos

Se considera que el deterioro de pavimentos se produce, principalmente, por la resistencia de éstos y la acción repetitiva

de las cargas.⁷ Esta repetición por peso específico es una relación exponencial entre la magnitud de la carga y el número de repeticiones admisibles. Así por ejemplo, para las cargas muy bajas, el material permite infinitas repeticiones de ella; por el contrario, si la carga es muy elevada, bastaría una sola repetición para ocasionar la falla del material y la estructura.

La gran variedad de vehículos y configuraciones de ejes llevó desde el inicio de los métodos de diseño a proponer el concepto de ejes equivalentes, entendiéndose esta equivalencia en términos de daño causado al pavimento y referido a un cierto eje estándar. El eje estándar corresponde a un eje simple de rodado doble, con una carga de 18 kip,⁸ lo que equivale a 8,1 ton. Aunque existen diversas formas para determinar el número de ejes equivalentes asociado a un cierto tipo de eje con un determinado nivel de carga (factor de equivalencia), el HDM III (*Highway Standard Models*) propone la siguiente relación:

$$F_{ij} = a (C_{ij}/CS_j)^b$$

donde: F_{ij} = factor de equivalencia del eje j con carga i
 C_{ij} = carga i del eje j (ton)
 CS_j = carga estándar del eje j (ton)

El Cuadro 2 caracteriza a los camiones de carga de dos ejes y de más, de uso más frecuente. Se aprecia que el camión Tipo 20 no se ve afectado por el DS N° 18 ni por el número de ejes

Cuadro 2
Caracterización de camiones urbanos típicos

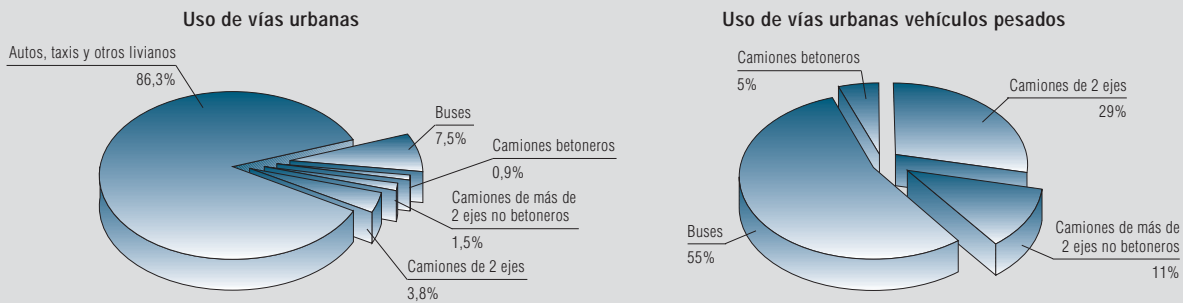
Tipo de camión	Eje delantero	Eje trasero	Tara total (ton)	Eje trasero (ton)			Tara + carga neta (ton)
				Carga máx.	Tara	Carga neta	
Tipo 20	Rueda Simple (RS)	Rueda Doble (RD)	5,5	11	2,0	9,0	14,5
Tipo 31	Rueda Simple (RS)	Doble Rueda Doble (2RD)	10,0	18	4,0	14,0	24,0
Betonero	Rueda Simple (RS)	Triple Rueda Doble (3RD)	13,0	23	5,5	17,5	30,5

Fuente: Doña y Díaz (2003), a partir del Decreto N° 158 del 29 de enero de 1980.

⁷ Se debe tener en consideración que el estándar y resistencia de los pavimentos está implícito en los métodos de diseño de éstos, en este caso en el método HDM III considerado por la evaluación. La lógica del diseño entonces, es que los pavimentos deban tener una vida útil de 20 años (vida útil que es común para todo tipo de pavimentos). Para esto, en función de la demanda por pasadas y empleando la equivalencia de ejes, se definen diferentes espesores de pavimentos tal de cumplir con los años de vida útil antes definidos. Así, el diferente espesor en distintos tipos de camino varía no para aumentar la resistencia, sino para mantener el estándar de 20 años de vida útil. En función de esto, el análisis que aquí se realiza toma en consideración la equivalencia de ejes.

⁸ En unidades de medida, kip = kilolibra, es decir, 1.000 libras.

Figura 1: Uso de vías urbanas según modo, en vehículo equivalente



Fuente: Doña y Díaz (2003), sobre EOD (2001).

ni por su peso bruto vehicular (tara más carga), por lo que sería éste el vehículo al que se hace referencia al considerar la opción de cambio de flota. A su vez, el Cuadro 3 presenta el cálculo de factores de equivalencia, con las cargas máximas vigentes y con las cargas reducidas, conforme a la definición anterior del HDM III.

Cuadro 3
Factores de Equivalencia¹

Tipo de camión	Factores de equivalencia para carga máxima legal
Tipo 20	1,26
Tipo 31	2,00
Betonero	1,42

Fuente: Doña y Díaz (2003), a partir de HDM III y CITRA (1995).

1. Considera un valor de $a = 1$ y $b = 4$ en la relación para el cálculo de F_{ij} .

Al considerar respuestas entregadas por las empresas socias de la CChC, proveedoras de materiales de construcción, consultadas frente a la opción de ajuste que seguirían de ser fiscalizada la medida, se puede ver que —en el caso de camiones de más de 2 ejes— manifestaron su voluntad de adoptar una estrategia intermedia para enfrentar las disposiciones más restrictivas contempladas en el Art. 1º del DS N° 18, vale decir, contemplarían tanto la opción de cambio de horario como de cambio a tipos de camiones no restringidos (Tipo 20).^{9 10} Naturalmente, la opción de no cambiar de tipo de camiones y circular transportando la misma carga en un horario alterno no tiene efecto sobre los pavimentos, porque el recorrido será el mismo, con los mismos ejes equivalentes. En tanto, el cambio de camión Tipo 30 ó 31 a Tipo 20, pese a que disminuye el factor de eje equivalente (ver Cuadro 3), implicaría aumentar en 55,6% el número de viajes (suponiendo carga máxima), porque se reduciría la carga por camión de 14 ton a 9 ton. Así, la reducción de factores de equivalencia de ejes al pasar de camiones Tipo 30-31 a camiones Tipo 20 se vería casi

exactamente compensada por el aumento de viajes para transportar la misma carga. Por lo tanto, el cambio de tipo de camiones sería neutro para efectos de los pavimentos. De este modo, la conclusión general es que, respecto de los pavimentos, el DS N° 18 no tiene efecto alguno, ya que ninguna de las opciones que puedan utilizar los transportistas redundaría en una disminución de la externalidad negativa declarada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en la medida establecida.

■ Congestión

La Figura 1 permite apreciar la incidencia del uso de vías para camiones de más de dos ejes. Así, de la incidencia según modos, los camiones de más de dos ejes representarían el 2,4% del total de vehículos equivalentes, para el promedio de un día hábil.¹¹ La estimación de recorridos por tipo de vehículo se basa en información reciente, en particular la EOD 2001¹² y estimaciones de ocupación, distancia, equivalencia entre tipo de vehículo y participación de camiones, que si bien está afecta a imprecisiones importantes, no alteran el hecho que los viajes de camiones de más de dos ejes constituyen una parte mínima del uso de vías urbanas en Santiago.

El estudio CITRA (1995), analizó el impacto de variaciones en el flujo de camiones de 2 ejes sobre la congestión vial, simulando algunos casos representativos con diferentes niveles de flujos de camiones. Para analizar arcos (de 800 metros de longitud y dos pistas) se utilizó el modelo NETSIM con niveles de flujo de 1.000 autos y entre 0 y 100 camiones. Para analizar intersecciones, se utilizó una red TRANSYT proveniente del proyecto SCAT de la Av. Pajaritos con niveles de congestión relativamente altos.¹³ En el primer caso, el estudio determinó un impacto negativo en los arcos del orden de US\$ 20.000 anuales al aumentar el flujo vehicular en aproximadamente 330 camiones por hora como resultado de la aplicación de la medida. En el caso de las intersecciones, el efecto fue neutro, por lo que la conclusión del estudio citado es que los costos por congestión no son relevantes.

⁹ Su capacidad de adoptar el cambio de horario depende crucialmente del tipo de respuesta de sus clientes, vale decir, de los demandantes de la carga transportada que son abastecidos por empresas socias de la Cámara.

¹⁰ Dado que a partir de 2006 entrarían en vigencia las disposiciones del Art. 1º del DS N° 18 también para vehículos betoneros, las empresas que emplean este tipo de vehículos fueron también consultadas respecto de la estrategia a seguir. Aunque manifestaron su intención de mantener los mismos camiones, y, al menos en teoría, cambiar de horario, se considera que esta alternativa es poco probable, tanto por las características de los betoneros y su carga, como por las restricciones de horarios de trabajo que afectan a las obras. Así, lo más probable es que estas empresas deban aumentar el tamaño de su flota para compensar la pérdida de tiempo útil.

¹¹ Es probable que en período punta la incidencia relativa de camiones sea menor, por la fuerte concentración en punta que presentan los vehículos particulares.

¹² SECTRA (2002).

¹³ Ver CITRA (1995), Cuadro 5.2.3-21, «Evaluación costos por congestión».

A nivel del conjunto del sistema de transporte, y considerando que los vehículos particulares representan sobre el 85% del uso de las vías, se puede esperar que una variación en el número de camiones no tenga efecto alguno en la congestión. El aumento en la capacidad de las vías tendería a ser compensada por el aumento en la circulación de vehículos particulares.

■ Contaminación

De acuerdo con el inventario de emisiones elaborado por la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), según datos registrados a octubre de 2000 para la Región Metropolitana,¹⁴ las emisiones totales y las emisiones por fuentes móviles fueron las que registran los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 4
Resumen inventario de emisiones por fuentes móviles en la Región Metropolitana¹, en ton/año

	PM10	CO	NOx	VOC	SOx	NH3
Estacionarias	2.597	16.014	8.149	56.264	5.991	28.458
Móviles	2.425	175.586	46.650	24.664	3.135	933
Total	5.022	191.600	54.799	80.928	9.126	29.391

Fuente: CENMA/ U de Chile, citado en CONAMA (2000).
1. Inventario de octubre de 2000.

Cuadro 5
Fuentes móviles en ruta y fuera de ruta, en ton/año

Categoría	Sub-categoría	Anual veh-km	PM10	CO	NOx	COV	SO2	N02	CH4	NH3
Buses	Pre-EPA91	395.031.000	521	2.454	7.205	811	431	12	69	1
	EPA91	339.434.000	191	1.054	4.334	523	370	10	59	1
	EPA94	240.920.000	85	599	2.197	346	263	7	42	1
	Tipo Interurbano	238.956.000	235	1.101	3.549	323	220	7	42	1
	Tipo Pullman	200.095.407	175	812	3.143	475	222	9	51	1
	Subtotal	1.414.436.407	1.208	6.020	20.428	2.478	1.507	45	264	5
Camiones	Livianos y medianos	1.098.333.682	480	2.163	4.506	1.735	547	38	108	4
	Pesados	448.219.860	330	1.170	4.703	653	348	13	76	1
	Subtotal	1.546.553.542	810	3.333	9.209	2.388	895	51	184	5
Particulares	Catalíticos	7.644.743.252	100	19.371	5.397	2.590	237	381	330	534
	No Catalíticos	2.193.769.880	34	88.183	4.439	8.925	86	13	241	5
	Subtotal	9.838.513.132	134	107.554	9.836	11.515	324	394	570	539
Taxis	Catalíticos	2.239.197.000	29	6.959	1.747	976	71	112	99	156
	No catalíticos	248.674.000	3	10.638	481	1.114	9	1	26	1
	Subtotal	2.487.871.000	33	17.597	2.228	2.090	79	113	125	157
Comerciales	Catalíticos	3.253.576.616	42	8.510	1.634	1.035	134	19	132	224
	No catalíticos	1.122.572.810	16	28.219	2.156	4.282	49	7	177	2
	Diesel	572.925.950	182	708	672	162	140	10	3	1
	Subtotal	4.949.075.376	240	37.437	4.462	5.479	322	37	312	227
Motocicletas	2 Tiempos	17.901.000		411	1	187			3	
	4 Tiempos	100.186.000	1	1.844	16	319	2		20	
	Subtotal	118.087.000	1	2.255	17	506	3		23	
Total Fuentes Móviles en Ruta		20.354.536.457	2.425	174.196	46.180	24.456	3.130	640	1.478	933
Total Fuentes Móviles fuera de Ruta			42	1.529	865	272	5			

Fuente: CENMA /Universidad de Chile, citado en CONAMA (2000).

¹⁴ CONAMA (2000), «Inventario de emisiones con datos registrados a octubre de 2000», en página web.

A partir de éstos, se puede determinar la participación de los dos tipos de camiones identificados en el inventario –camiones livianos y camiones pesados–, según su emisión por km recorrido y la relación entre las emisiones por km para ambos tipos, lo que se aprecia en el Cuadro 6.

Es necesario considerar que el inventario presentado en CONAMA (2000) abarca el total de la Región Metropolitana, incluyendo transporte urbano e interurbano, y no especifica los camiones incluidos en cada tipo ni la fuente de estimación de los kilómetros recorridos. Así, suponiendo que la categoría «camiones livianos» incluye los vehículos en el rango entre 3.860 y 10.000 kg brutos de peso, con una carga neta máxima promedio de 5,5 ton, y que los «camiones pesados» se refieren a aquéllos de más de 10 ton, con una carga neta máxima promedio de 15 ton, entonces la emisión por ton-km será menor para los camiones pesados en todas las categorías de contaminantes. Así, en el caso del NO_x, que presenta la máxima relación de emisión entre camiones pesados y livianos, la emisión de los camiones livianos sería de 0,75 gr./ton-km, y la de los camiones pesados, de 0,69 gr./ton-km.

Al igual que con el deterioro de pavimentos, la contaminación depende de la circulación total, pero con

menor diferencia entre tipos de vehículos porque existe una economía de escala en el consumo de combustible por unidad de carga. Así, otra forma de aproximación a los beneficios potenciales que generaría la medida, es analizar la emisión relativa por ton-km transportada a partir del consumo de combustible, que corresponde a una variable proxy de la contaminación para vehículos que utilizan tecnologías de combustión equiparables.

De este modo, los antecedentes de consumo de combustible por km, para camiones Tipo 20 y camiones Tipo 31, indican que los primeros tendrían un rendimiento de 3,7 km/lt y los segundos, de 3,0 km/lt. Para capacidades de carga neta de 9 y 14 ton respectivamente, el consumo de combustible sería de 0,030 lts/ton-km para el Tipo 20 y de 0,024 lts/ton-km para el Tipo 31. Es decir los camiones Tipo 31 consumirían 21% menos de combustible por ton-km que los Tipo 20, con la consecuente menor emisión por volumen de carga transportada a una misma distancia.

La conclusión general es que, en el caso de la contaminación, la opción de cambiar horarios no tiene efecto alguno y la opción de cambiarse a camiones de menor tamaño significa aumentar la contaminación.

Cuadro 6
Emisiones por tipos de camiones

	PM10	CO	NO _x	COV	S0 ₂	N0 ₂	CH ₄	NH ₃
Participación en emisiones								
■ Camiones livianos y medianos	19,8%	1,2%	9,8%	7,1%	17,5%	5,9%	7,3%	0,4%
■ Camiones pesados	13,6%	0,7%	10,2%	2,7%	11,1%	2,0%	5,1%	0,1%
Subtotal Camiones	33,4%	1,9%	19,9%	9,8%	28,6%	8,0%	12,4%	0,5%
Emisiones por km (gr./km)								
■ Camiones livianos y medianos	0,44	1,97	4,10	1,58	0,50	0,03	0,10	0,0036
■ Camiones pesados	0,74	2,61	10,49	1,46	0,78	0,03	0,17	0,0022
Subtotal Camiones	0,52	2,16	5,95	1,54	0,58	0,03	0,12	0,0032
Relación camiones pesados / camiones livianos	1,68	1,33	2,56	0,92	1,56	0,84	1,72	0,61

Fuente: Doña y Díaz (2003), a partir de CONAMA (2000).

3. Los costos de ajustarse a una circulación restringida

■ Costos operacionales por cambio de flota

Para determinar el costo de operación de los camiones se aplicó el submodelo de costos de operación del modelo HDM III adaptado al caso chileno (MOP, 1989). Los precios unitarios de sus componentes y los costos unitarios de operación se muestran en los Cuadros 7 y 8. A partir de éstos, se puede observar que si bien el camión Tipo 20 presenta un menor costo en términos unitarios, al equiparlo con el Tipo 31 respecto de capacidad de carga, su costo es mayor tanto en costo operacional directo como en costo generalizado, incluyendo retorno y amortización de la inversión en vehículos. De acuerdo con lo anterior, un camión Tipo 31 que recorre 63 km diarios durante 250 días al año, presenta un costo de UF 959/año, en tanto que la misma carga transportada en camiones Tipo 20 tendría un costo de UF 1.338, esto es, un aumento de UF 379/año.

■ Costos unitarios por cambio de horario

La opción de cambiar horarios mantiene fundamentalmente constantes los costos directos del transporte, pero introduce diversos costos sobre los usuarios, que en el caso del sector

Cuadro 7
Precios de componentes del costo de operación

Ítem	Unidad	UF/un
Vehículo nuevo		
Tipo 20	veh.	1,000
Tipo 31	veh.	1,500
Combustible	lt	0,017
Neumático	neum.	7,610
Mantenimiento	hr	0,235
Lubricante	lt	0,118
Mano de obra	hr	0,206

Fuente: Doña y Díaz (2003).

construcción, son las empresas constructoras. Los costos se asocian con la necesidad de almacenar la carga, de cambiar horarios de trabajo en las obras para al menos parte de los trabajadores, y otras estrategias que puedan desarrollarse. En el caso del sector construcción, los entorpecimientos en la logística tienden a traducirse en retrasos en los plazos de ejecución de obras. Plazos mayores de construcción implican mayor financiamiento para el mismo nivel de actividad, con mayor costo financiero y la posibilidad que proyectos marginales dejen de ser atractivos, frenando así la actividad del sector.

Cuadro 8
Costos de operación unitarios, en UF/ km

	Tipo 20	Tipo 31	Tipo 20 equiv. ¹	Var 20 eq./31
Retorno y amortización vehículo a 10 años	0,0073	0,0109	0,0113	3,7%
Costos operacionales				
■ Combustible	0,0046	0,0057	0,0071	26,1%
■ Neumático	0,0005	0,0008	0,0007	-6,7%
■ Mantenimiento	0,0020	0,0030	0,0031	3,7%
■ Lubricante	0,0007	0,0010	0,0010	3,7%
■ Mano de obra	0,0400	0,0400	0,0622	55,6%
Subtotal Costos operacionales	0,0477	0,0504	0,0742	47,2%
Total UF/km	0,0550	0,0614	0,0856	39,4%

Fuente: Elaboración propia, según HDM III-CH

1. La equivalencia se determinó como 1,56, para equiparar capacidad de transporte entre Tipo 20 y 31.

El costo y, por ende, la conveniencia de distintas estrategias dependerá del producto que se transporta y su forma de uso en las obras, y por lo tanto resulta especialmente difícil estimar los costos netos involucrados para la solución más eficiente, que cambiará caso a caso. Sin embargo, se puede afirmar que siempre existe la alternativa de cambiar a camiones no afectados a la prohibición, y por lo tanto, los costos de logística no debieran superar los costos de reducir el tamaño de los vehículos, porque las empresas usuarias debieran estar dispuestas a pagar la diferencia de costo si sus costos logísticos fueran mayores.

En ausencia de información precisa, el mejor estimador es la media del rango posible –que tiene un máximo en el costo de sustitución de vehículos y un mínimo en cero, que se daría si algún usuario tiene condiciones de recepción, almacenamiento y utilización de insumos que no fueran afectadas en ningún grado ante cambios de horarios–, es decir, sería la mitad del costo adicional de operación por cambio de flota. Para efectos del presente análisis, se optó por sensibilizar este mejor estimador, considerando adicionalmente otras dos opciones para el mayor costo medio unitario por logística. Así, se considera que este costo unitario puede representar el 25%, el 50% o el 75% del costo adicional de operación por cambio de flota.

■ Costos totales de ajuste

Como se ha indicado, el costo total de ajuste depende de la opción de ajuste que adopten los afectados. Como esto aún no está claro, y en muchos casos depende del poder de negociación entre la empresa que realiza el transporte y aquella que demanda la carga

transportada, se optó por estimar un rango para el costo total de ajuste, cuyas cotas están dadas por el costo de las alternativas puras –por tamaño de flota o todos ajustan por cambio de horario. Como una forma de aproximarse a determinar la incidencia de estas alternativas, se levantó una encuesta a empresas socias de la CChC.¹⁵ Su resultado arrojó que el 68% de los encuestados manifestó su voluntad de cambiar de horario, en tanto que el 32% restante optó por reducir el tamaño de los vehículos. Adicionalmente, y a modo referencial, se estimó el costo total ponderado con una incidencia igual para ambas alternativas y se introdujo una sensibilización para el costo estimado de ajustar horarios (de 25% y 75% del costo de cambio de flota).

El Cuadro 9 presenta una matriz que resume los costos estimados. Se observa que el mayor costo corresponde a la opción pura de reducción del tamaño de los vehículos, con un costo anual equivalente superior a las 795 mil unidades de fomento. Para la combinación de opciones, los escenarios evaluados presentan un rango entre 199 y 696 mil unidades de fomento anuales, dependiendo del costo de logística ante cambio de horarios y composición de las opciones de ajuste.

Como antes se indicó, los antecedentes disponibles no permiten realizar estimaciones de los costos eventuales de aplicar las disposiciones del DS N° 18 al caso de los betoneros. Sin embargo, por el mayor efecto de las restricciones de carga por camión y por las mayores exigencias logísticas, se puede asegurar que el costo unitario para los betoneros debiera exceder ampliamente el costo involucrado para otros camiones de más de 2 ejes.

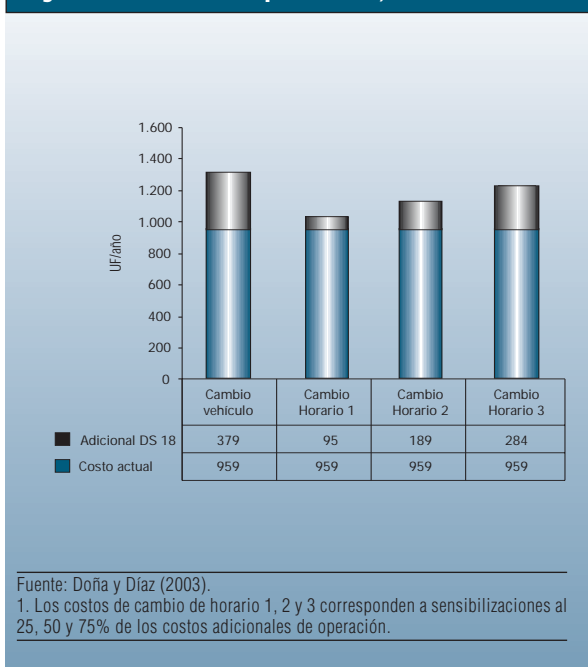
Cuadro 9
Costo anual de ajuste, en UF

	Opciones			
	Reducción tamaño vehículos	Cambio horarios		
		25%	50%	75%
Opción Pura	795.533	198.883	397.767	596.650
Combinadas				
68%		387.823	523.726	659.630
50%		497.208	596.650	696.092

Fuente: Doña y Díaz (2003).

¹⁵Esta encuesta, levantada entre empresas socias de la CChC, indagó sobre el tamaño de la flota, los kilómetros recorridos, número de vueltas diarias al interior del anillo, y la opción que adoptarían en el caso que la medida entrara en vigencia en la práctica, a través de la fiscalización. La representatividad de las respuestas estuvo condicionada por el hecho que todas las empresas encuestadas fueron proveedoras de materiales e insumos y no empresas constructoras, usuarias finales de los insumos transportados. Por lo tanto, se puede esperar que las respuestas muestren un sesgo que sobreestime el cambio de horario, y que, en el caso de una aplicación efectiva, exista una negociación entre proveedores y usuarios que tienda a aumentar la incidencia del ajuste por cambio de flota, más allá de lo esperado por los proveedores de insumos.

Figura 2: Costos anuales por camión¹, UF/año.



4. Otros impactos a considerar

■ El costo de la incertidumbre

En la situación actual existe una disposición vigente respecto de los camiones de más de dos ejes no betoneros que hasta el momento no se ha fiscalizado en forma rigurosa. Su falta de fundamento, unida a la falta de fiscalización, generan incertidumbre

respecto de su permanencia y mantiene una indefinición en cuanto a las exigencias que efectivamente se establecerían en el largo plazo. En dichas circunstancias, se ha generado una situación de *stand-by*, que se traduce en que los actores retrasan sus decisiones de inversión respecto del momento óptimo de renovación de flota, para evitar el riesgo de obsolescencias ante eventuales cambios en las reglas. El resultado es una flota que envejece y es sobreutilizada, con efectos negativos sobre la calidad del servicio entregado a los demandantes y, probablemente, con mayor contaminación y mayor congestión por vehículos más antiguos y con mayor probabilidad de falla.

■ Recursos requeridos en inversión en cambio de flota

El cambio de flota a camiones no afectos a la prohibición representa una exigencia de recursos financieros. Y aunque parte de la inversión podría financiarse con la venta de camiones de más de dos ejes que se excluyan del servicio, la tasa de recuperación no es predecible, porque existirá razonablemente una condición de sobreoferta –al menos temporal–, que reduciría el precio de venta de los camiones usados. En cualquier caso, el cambio en la composición de demanda por transporte inducirá una pérdida de capital a los actuales propietarios de camiones afectos a la restricción, que, como se indicó, son mayoritariamente empresarios de transporte. Considerando un valor medio del orden de UF 1.000 por camión de 2 ejes y sensibilizando respecto de la posible tasa de sustitución de camiones afectos por camiones de dos ejes, el costo bruto por inversión en camiones de 2 ejes podría llegar superar a los UF 2 millones.

Cuadro 10

Costo bruto de inversión requerida para cambio de flota¹

% de cambio a camiones de menor tamaño	Eliminación camiones más de 2 ejes	Incorporación camiones 2 ejes	Costo Bruto Inversión camiones 2 ejes (miles de UF)
32%	666	1.035	1.035
50%	1.051	1.635	1.635
67%	1.401	2.180	2.180

Fuente: Doña y Díaz (2003).

1. Antes de recuperación por venta de camiones existentes.

■ Estimación de impacto en sector construcción

La estimación del impacto de la medida sobre los costos del sector construcción corresponde a la parte de los costos estimados en los puntos anteriores que afectarían a dicho sector y, por ende, no deben adicionarse a los costos ya estimados, ya que no constituyen costos adicionales. De acuerdo con las estimaciones realizadas, dos tercios de los camiones de más de dos ejes no betoneros serían utilizados en el sector construcción. Por lo tanto, el costo adicional para el sector construcción de la prohibición horaria de circulación dentro del anillo Américo Vespucio, se estima en UF 349 miles anuales.

Cabe señalar que este costo podría estar subestimado, ya que no se consideraron viajes al interior de anillo que se realizan por conceptos diferentes al de ingreso de materiales y suministros, en particular los de movimientos de tierras, excavaciones y retiro de escombros, que son partidas relevantes de las obras. Como referencia, en el año 2002 los permisos de edificación autorizados dentro del anillo Américo Vespucio representaron un total de 712 mil metros cuadrados. Si se considera que por cada metro cuadrado construido se requiere remover 0,6 m³ de escombros, entonces, con una capacidad de 7 m³ por camión Tipo 31, la sola remoción de escombros representaría unos 167 viajes diarios.

Finalmente, y según cifras del Banco Central respecto de la distribución regional del PIB por sectores,¹⁶ la Región Metropolitana representó en 1997 el 42% del valor agregado del sector construcción a nivel nacional. Considerando el valor bruto de la producción del sector construcción de 1996 (5.420.440 millones pesos de 1996, según la Matriz de insumo-producto elaborada para dicho año), y expandiendo dicho valor según la evolución del PIB (19,8% de aumento entre 1996 y 2002), el sector habría tenido un valor bruto nacional de producción de UF 503 millones en el año 2002. Aunque no se cuenta con antecedentes respecto del porcentaje de la actividad del sector construcción en la Región Metropolitana que se concentraría dentro del anillo Américo Vespucio, se puede considerar a modo de referencia un porcentaje de 25%,¹⁷ con

lo que el aumento de costos de transporte y de logística asociados con el DS N° 18 tendría una incidencia en el valor bruto de la producción del sector de 0,66%, esto es, UF 3,5 millones.

5. Conclusiones y recomendaciones

Como ya fuera señalado, el fundamento para la dictación de la norma radica en la intención declarada de contribuir a mejorar la seguridad vial y detener —en parte— la congestión, contaminación y deterioro de pavimentos que afecta a las vías urbanas, y que serían provocadas por el transporte de vehículos de carga de alto tonelaje sobre éstas. Sin embargo, el análisis de su efecto sobre cada una de estas externalidades, dada la estrategia de ajuste que finalmente sería seguida por los transportistas —una mezcla entre la adopción de nuevas ventanas horarias y el cambio del tipo de vehículo que comprende la flota, a uno no restringido—, indicarían que el efecto neto total repercute negativamente sobre las externalidades que la medida pretende abordar.

El Cuadro 11 presenta una síntesis de los principales resultados de la evaluación, que da cuenta de lo señalado en el párrafo precedente.

De este modo, los resultados obtenidos indicarían que los objetivos declarados en el DS N° 18 no sólo no son alcanzados, sino que los problemas de congestión, contaminación, deterioro de pavimentos y la inseguridad vial se profundizan, a la vez que introducen un costo para los transportistas afectados.

Además, siguiendo un criterio de evaluación costo-beneficio para la medida, ésta no sería adecuada desde el punto de vista de la sociedad, ya que estos mayores costos desvían recursos que podrían haberse destinado a otras acciones.

La falta de fundamento de la normativa y los ineludibles costos sociales y privados que representa, permite sugerir a la autoridad la necesidad de considerar su revocación.

Finalmente, es necesario señalar que existe una gran gama de medidas alternativas eficaces para lograr los objetivos declarados en el DS N° 18. Y aunque no es el objetivo último de este

¹⁶ Banco Central de Chile (2001).

¹⁷ Los metros cuadrados consignados en permisos de edificación al interior del anillo Américo Vespucio representaron el 27,2% de los metros cuadrados autorizados en el Gran Santiago.

documento, ya que la implementación de una o un conjunto de medidas requiere de un análisis más detallado para evaluar su impacto real, se pueden destacar algunas de éstas:

- Deterioro de pavimentos: establecer factores de equivalencia máximos comunes a todos los vehículos pesados, por tipos de pavimento, de acuerdo con los niveles de red (redes nivel I, II y III que se plantean en el Plan de Transporte Urbano de Santiago, PTUS), independientemente del horario o de si están dentro o fuera del anillo Américo Vespucio. Para cada tipo de camión, el factor de equivalencia se puede alcanzar graduando la carga.
- Congestión: Medidas de racionalización del uso de vehículos particulares, que generan más de 85% de la congestión.
- Contaminación: Emisiones máximas comunes a todos los vehículos pesados, según carga transportada, independientemente del horario o de si están dentro o fuera del anillo Américo Vespucio.

Cuadro 11

Síntesis de la evaluación del cumplimiento de los objetivos declarados

Objetivos declarados: Disminuir las externalidades negativas	Evaluación	Observaciones
Disminución de la seguridad vial	Se evalúa el impacto sobre velocidad de circulación y el número de vehículos. La evaluación es negativa para cualquiera de las estrategias de ajuste que se adopte.	Cambio horario: Aumento de la velocidad de circulación de otros vehículos en el horario restringido. Cambio flota: Aumenta el número de vehículos en circulación para transportar la misma carga.
Deterioro de pavimentos	Se evalúa mediante la resistencia de pavimentos y la repetición de las cargas. No tiene efecto (efecto neutro).	Cambio horario: No tiene efecto. Cambio flota: La reducción de la carga —expresada en ejes equivalentes— se compensa por el aumento en el número de repeticiones.
Congestión	Se evalúa a través de la incidencia en el uso de vías en términos de vehículos equivalentes, sobre la base de modelos de transporte. El efecto es neutro o marginalmente negativo.	Cambio horario: La liberalización de vías se compensa por el incremento de vehículos particulares en circulación. Cambio flota: Aumenta el flujo de vehículos al ser medido en arcos, lo que se traduce en un costo de US\$ 20.000 anuales. Al ser medido en intersecciones, el efecto es neutro.
Contaminación	Se evalúa de acuerdo a las emisiones por fuentes móviles por unidad de carga transportada (ton-km). El efecto es neutro en el cambio de horario, y la opción por cambio de flota produce un efecto contrario al señalado por la medida, aumentando la contaminación.	Cambio horario: No tiene efecto. Cambio flota: La emisión por ton-km es menor para vehículos pesados en todas las categorías de contaminantes. Respecto del consumo de combustible por ton-km, éste también es menor, generando menor emisión por volumen de carga transportada a una misma distancia.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Doña y Díaz (2003).

FUNDAMENTA es una publicación de la Cámara Chilena de la Construcción A.G. que busca desarrollar temas vinculados directa o indirectamente al sector con el propósito de contribuir al debate sobre crecimiento y desarrollo del país. Se autoriza su reproducción total o parcial siempre que se cite expresamente la fuente.

Para acceder a FUNDAMENTA y a los estudios de la Cámara Chilena de la Construcción A.G. por Internet, conéctese a: www.camaraconstruccion.cl

Director responsable: Felipe Morandé L.

Bibliografía

Banco Central de Chile (2001), *Matriz de Insumo-Producto de la economía chilena 1996*.

Doña, Juan Esteban, y Rodrigo Díaz, (2003), *Evaluación Costo - Beneficio de la restricción al transporte de carga en el Anillo Américo Vespucio ((DS N° 18/2001 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones)*, Documento de Trabajo N° 16, Cámara Chilena de la Construcción, diciembre.

CITRA (1996), *Diseño de programa de seguridad vial nacional*, abril, encomendado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y Ministerio de Obras Públicas.

_____, (1995), *Análisis de transporte de carga urbana en Santiago*.

CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente), (2000), *Inventario de emisiones a octubre de 2000*, en datos estadísticos (página web www.conama.cl).

SECTRA (Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte), (2002), *Encuesta Origen Destino 2001*.