

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DEL TRANSPORTE

DOCUMENTO NÚMERO 6

CUANTIFICACION DE LOS COSTOS INCREMENTALES DEBIDOS A LA CONGESTION EN LOS ACCESOS VIALES A BUENOS AIRES

Ing. Luis Girardotti



AGOSTO DE 2012

BUENOS AIRES
REPÚBLICA ARGENTINA

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DEL TRANSPORTE

DOCUMENTO NÚMERO 6

CUANTIFICACION DE LOS COSTOS INCREMENTALES DEBIDOS A LA CONGESTION EN LOS ACCESOS VIALES A BUENOS AIRES.

Ing. Luis Girardotti



AGOSTO DE 2012

BUENOS AIRES
REPÚBLICA ARGENTINA

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

PRESIDENTE HONORARIO

Ing. ARTURO J. BIGNOLI

MESA DIRECTIVA (2012-2014)

Presidente

Ing. OSCAR A. VARDÉ

Vicepresidente 1°

Ing. LUIS U. JÁUREGUI

Vicepresidente 2°

Ing. ISIDORO MARÍN

Secretario

Ing. RICARDO A. SCHWARZ

Prosecretario

Ing. EDUARDO R. BAGLIETTO

Tesorero

Ing. MANUEL A. SOLANET

Protesorero

Ing. ANTONIO A. QUIJANO

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

ACADÉMICOS TITULARES

Dr. José Pablo Abriata
Ing. Patricia L. Arnera
Ing. Mario E. Aubert
Ing. Eduardo R. Baglietto
Ing. Conrado E. Bauer
Dr. Ing. Raúl D. Bertero
Ing. Rodolfo E. Biasca
Ing. Arturo J. Bignoli
Ing. Juan S. Carmona
Dr. Ing. Rodolfo F. Danesi
Dr. Ing. Raimundo O. D'Aquila
Ing. Tomás A. del Carril
Ing. Gustavo A. Devoto
Ing. Arístides B. Domínguez
Ing. René A. Dubois
Ing. Máximo Fioravanti
Ing. Alberto Giovambattista
Ing. Luis U. Jáuregui
Dr. Ing. Raúl A. Lopardo
Ing. Isidoro Marín
Ing. Eduardo A. Pedace
Ing. Alberto H. Puppo
Ing. Antonio A. Quijano
Ing. Ricardo A. Schwarz
Ing. Francisco J. Sierra
Ing. Manuel A. Solanet
Ing. Carlos D. Tramutola
Ing. Oscar A. Vardé
Ing. Guido M. Vassallo
Dra. Ing. Noemí E. Zaritzky

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DEL TRANSPORTE

Director: Académico Ing. Manuel A. Solanet

Integrantes:

Ing. Arturo D. Abriani

Ing. Roberto D. Agosta

Académico Ing. Mario E. Aubert

Académico Ing. Eduardo R. Baglietto

Ing. María Graciela Berardo

Ing. Gastón A. Cossettini

Ing. Ricardo H. del Valle

Ing. Raúl S. Escalante

Ing. Miguel J. Fernández Madero

Académico Ing. Máximo Fioravanti

Ing. Luis Miguel Girardotti

Ing. Guillermo J. Grimaux

Ing. Jorge Kohon

Académico Ing. Eitel H. Lauría (emérito)

Ing. Juan Pablo Martínez

Lic. Carmen Polo

Académico Ing. Ricardo A. Schwarz

Académico Ing. Francisco J. Sierra

CUANTIFICACION APROXIMADA DE LOS COSTOS INCREMENTALES DEBIDOS A LA CONGESTION EN LOS ACCESOS VIALES A BUENOS AIRES

Introducción

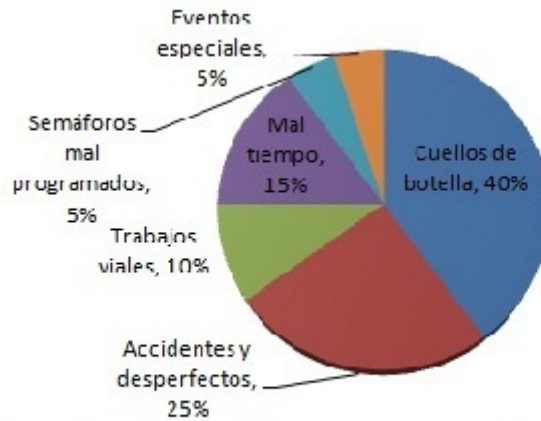
El objetivo del presente trabajo es el de estimar el orden de magnitud de los costos incrementales de los usuarios debidos a la congestión, a los efectos de evaluar, prima facie, la viabilidad económica de realizar eventuales inversiones en alternativas de transporte tendientes a reducir dichos costos incrementales.

Las inversiones en modos alternativos de transporte estarán orientadas al reemplazo del automóvil particular por transporte público masivo, siendo éste más eficiente en el uso de recursos energéticos como también menos contaminante del medio ambiente.

La congestión de tránsito ocurre cuando la demanda de los usuarios que desean utilizar una infraestructura vial supera la capacidad de la misma. La congestión se produce en los puntos denominados “cuellos de botella”, que son los lugares en que la capacidad se reduce, produciendo acumulación de vehículos y circulación forzada, con ciclos detención-marcha frecuentes y una velocidad media extremadamente baja. Esos puntos pueden ser angostamientos de calzada o puntos de ingreso y egreso de tránsito en avenidas y autopistas.

Las causas de la congestión pueden ser permanentes o temporarias o, como sucede habitualmente, una combinación de ambas. Las causas permanentes son las características geométricas de las vías, que solamente pueden ser modificadas mediante obras más o menos importantes. Dentro de esta categoría se encuentra la mala programación de los semáforos, situación que puede solucionarse de manera relativamente simple. Las causas temporarias son generalmente eventos de distinto tipo que interrumpen o dificultan la circulación tales como vehículos descompuestos, accidentes, trabajos en el camino o cortes intencionales. Estas causas, mediante diversas medidas, podrían minimizarse pero nunca eliminarse por completo.

Estudios realizados en Estados Unidos establecieron la proporción en cada una de esas causas produce congestión en ese país. El siguiente grafico muestra tal distribución y en él se observa que la capacidad insuficiente es causa de solamente un 40% de la congestión:



Fuente: Federal Highway Administration, Cambridge Systematics Inc.

La estimación de los costos incrementales producidos por la congestión en los accesos viales a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) se realizó como diferencia entre los costos en la situación actual y los costos en una situación hipotética de circulación en flujo libre, de acuerdo al tipo de vía utilizada.

Para esta estimación se utilizó información disponible de volúmenes de tránsito provenientes de los organismos viales responsables de algunos de los accesos, tales como la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), el Organo de Control de Concesiones Viales (OCCOVI), Autopistas Urbanas de la Ciudad de Buenos Aires (AUSA), la Dirección Provincial de Vialidad de Buenos Aires (DPVBA), estudios particulares y estimaciones propias.

Esta estimación no considera el valor de las externalidades de la congestión, tales como contaminación y accidentes. La consideración de estos aspectos agrega complejidades que están fuera del alcance de este trabajo, por lo que puede decirse que las cifras a que se arriba aquí constituyen un piso para los costos excedentes que produce la congestión.

Red de accesos analizada

La Ciudad de Buenos Aires y el Conurbano conforman dos áreas urbanizadas separadas por la Avenida Gral. Paz y por el Riachuelo. La primera, si bien tiene las características de una autopista, no constituye estrictamente una barrera física sino que es atravesada por numerosas vías, que van desde autopistas hasta simples calles menores. Por estas vías circula la mayor parte del tránsito que accede a Buenos Aires. Por el contrario, el Riachuelo constituye una verdadera barrera física que es salvada por ocho puentes carreteros, de los cuales siete son los que soportan la mayor parte del tránsito que accede a Buenos Aires desde el Sur.

El área de análisis considerada en este trabajo está delimitada al Norte y al Este por el Camino de Cintura (RP4) y por una línea imaginaria ubicada a aproximadamente 5-8 kilómetros del Riachuelo, por el Sur.

Dentro de esta área se analizó una red comprendida por los siguientes accesos:

- Av. Gral. Paz en toda su extensión.
- Av. del Libertador, entre RP4 (San Isidro) y Av. Dorrego (CABA).

- Av. Centenario-Maipú-Cabildo, entre RP4 (San Isidro) y Av. Santa Fe (CABA).
- Acceso Norte, entre RP4 (San Isidro) y Av. Gral. Paz.
- Ruta 8-Av. San Martín, entre RP4 (San Martín) y Av. Alvarez Jonte (CABA).
- Acceso Oeste, entre RP4 (Morón) y Av. Gral. Paz.
- Av. Rivadavia, entre RP4 (Morón) y AU6 (CABA).
- Ruta 3-Av. J. B. Alberdi, entre RP4 (San Justo) y AU6 (CABA).
- Av. Crovara-Av. E. Perón, entre RP4 (La Tablada) y AU6 (CABA).
- AU Riccheri, entre RP4 (Tapiales) y Av. Gral. Paz.
- AU Tte. Gral. Dellepiane entre Av. Gral. Paz AU1 (CABA).
- Camino Pres. J. D. Perón, entre Av. Gral. Paz y L. de Zamora.
- R. de E. de S. Martín-Av. Sáenz, entre R205 (Lanús) y AU1 (CABA).
- Av. D. F. Sarmiento-Av. Pres. B. Rivadavia-Ecuador-Pienovi-Av., V. Sarsfield-Av. Entre Ríos, entre Gerli y AU1 (CABA).
- Av. H. Yrigoyen-H. Vieytes, entre Crisólogo Larralde (Piñeyro) y Suarez (CABA).
- Av. Mitre-AU 9 de Julio, entre Sarandí y AU1 (CABA).
- AU Buenos Aires-La Plata, entre Bernal y Av. Brasil (CABA)
- AU1 y AU6, entre Av. Gral. Paz y 9 de Julio (CABA).

Esta red está formada por un total de 189 kilómetros de accesos, de los cuales 84 kilómetros son autopistas y 105 kilómetros son avenidas. El criterio seguido en la delimitación de esta red fue el de seleccionar solamente aquellas arterias que, en la extensión considerada, conducen mayoritariamente tránsito de acceso a Buenos Aires y no tránsito local.

En Anexo se incluye una planilla con el detalle de todos los accesos considerados y un esquema de la red.

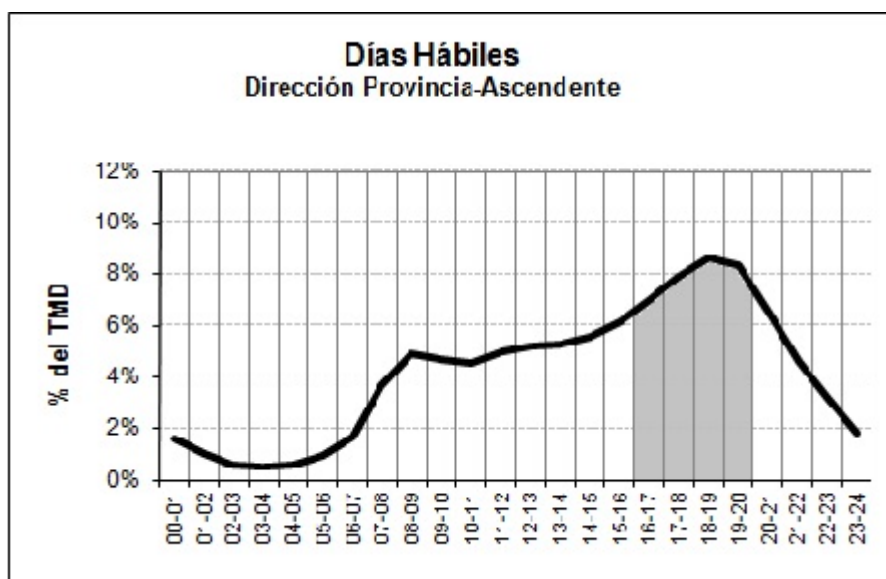
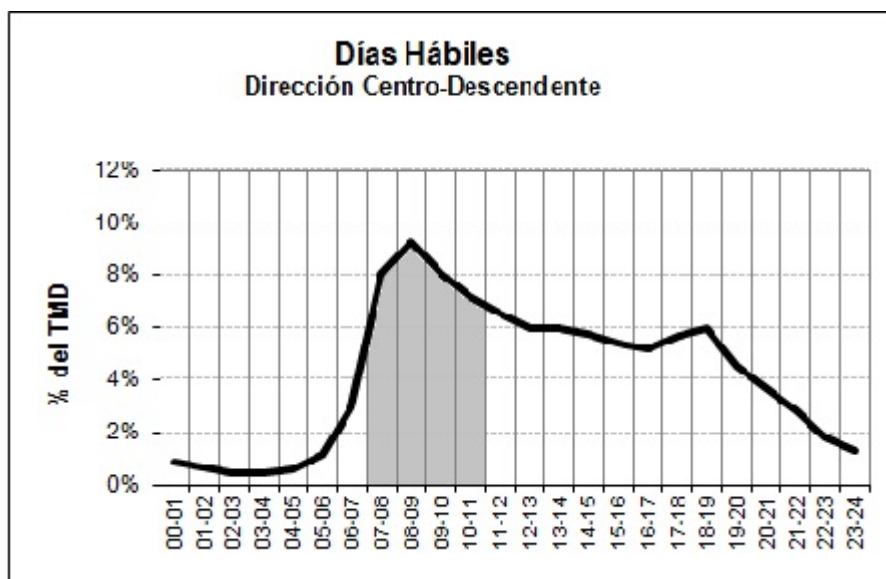
Criterios adoptados

Extensión de la congestión

Las distribuciones horarias del tránsito en las distintas arterias dentro del Area Metropolitana de Buenos Aires son muy similares entre ellas, presentando los picos ubicados prácticamente en los mismos horarios y con muy parecida distribución porcentual durante las 24 horas.

Las distribuciones horarias adoptadas son las que se verifican en las principales autopistas de acceso a Buenos Aires.

Para los días hábiles se adoptaron las distribuciones horarias que se observaron durante períodos prolongados en las autopistas de la CABA, bajo administración de AUSA. Estas autopistas son AU1 25 de Mayo, AU6 Perito Moreno y AU Illia. Las distribuciones promedio que surgen de estas observaciones se muestran en los siguientes gráficos.



Los períodos pico del tránsito identificados son de 7 a 11, a la mañana ingresando a la CABA y de 16 a 20, a la tarde, saliendo hacia la provincia.

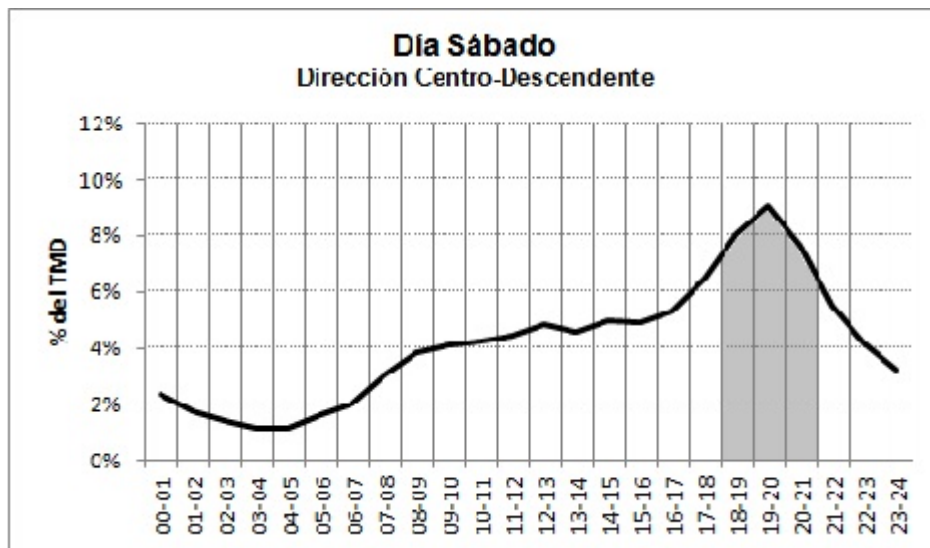
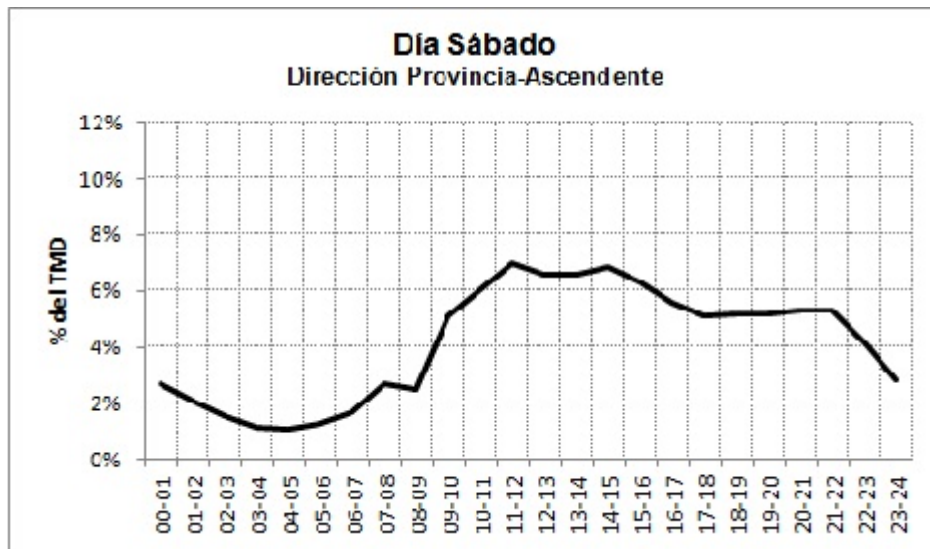
Los porcentajes de las horas pico con respecto al Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) que surgen de estas distribuciones son los siguientes:

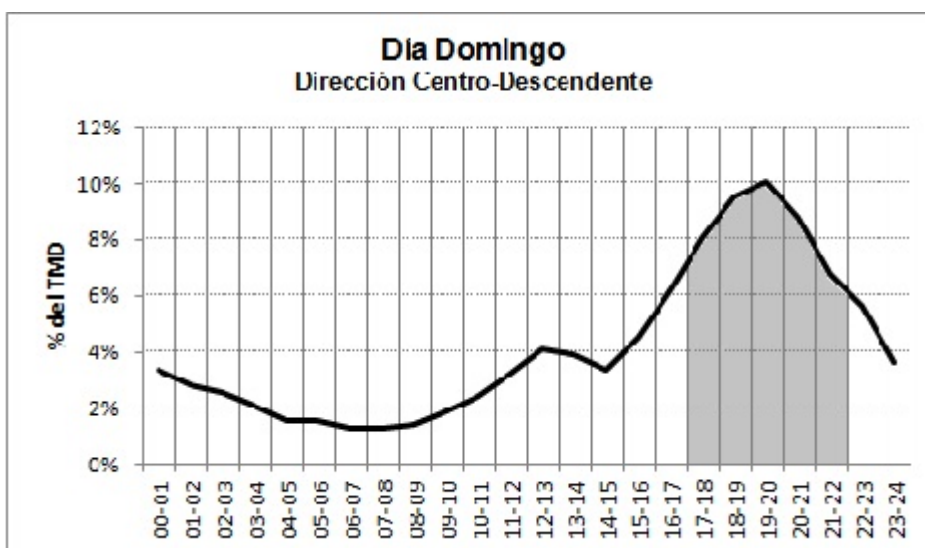
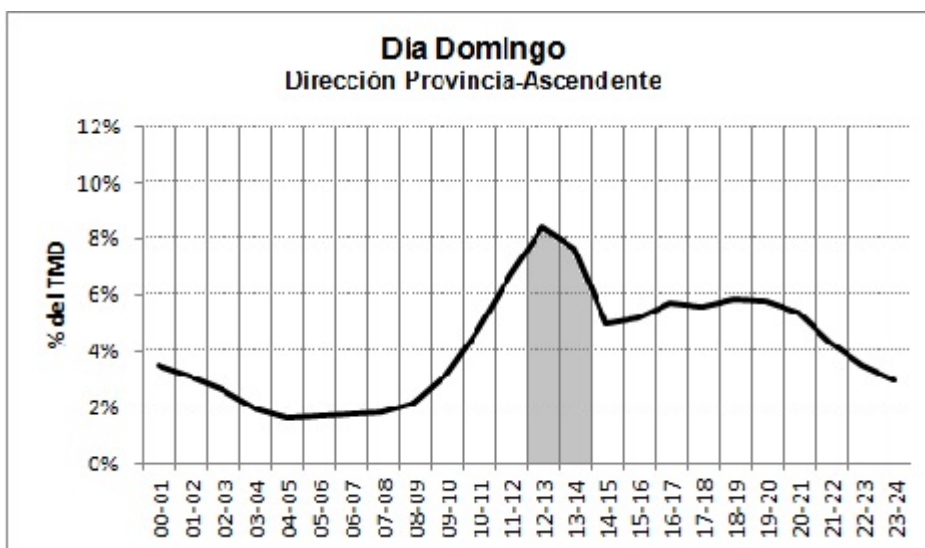
Período	Horario	Nº de horas	% del TMDA
Matutino	07-11	4	8.12%
Vespertino	16-20	4	7.98%
Total		8	8.05%
% de vehículos afectados			32%

De acuerdo a esta distribución horaria del tránsito el período de congestión sería de 8 horas, 4 horas por sentido, afectando a un 32% del tránsito diario. Se considera que el resto del

tránsito, es decir el 68% remanente, no se verá afectado por la congestión. Se trata de una estimación conservadora que posiblemente subestime en alguna medida el grado de congestión real.

Para los días de fin de semana se adoptó la distribución horaria típica registrada en el Acceso Norte. Los gráficos siguientes muestran las variaciones horarias representativas de sábados y domingos.





Los sábados en sentido provincia (ascendente) no presenta congestión, dado que los volúmenes de tránsito permiten circular a la velocidad de flujo libre.

El sábado en sentido hacia Buenos Aires hay 3 horas de tránsito alto en condiciones de congestión.

Los domingos se observan 2 horas de congestión en sentido hacia afuera y 5 horas en sentido hacia Buenos Aires.

En resumen, las condiciones de circulación durante los fines de semana se muestran en el siguiente cuadro:

Día	Período	Horario	Nº de horas	% del TMDA
Domingo				
Ascendente	Matutino	12-14	2	8.04%
Descendente	Vespertino	17-22	5	8.64%
% de vehículos afectados				30%

Sábado					
Ascendente	Matutino	No hay cong.			
Descendente	Vespertino	18-21	3	8.26%	
% de vehículos afectados				12%	
Total Fin de Semana			10	8.31%	
% de vehículos afectados				21%	

Volúmenes de tránsito en los accesos

Los volúmenes de tránsito de los accesos cuya fuente es la DNV corresponden al año 2010. Con respecto a la información de las rutas provinciales, que provienen de la DPVBA, corresponde al año 2009. Estos valores se adoptaron como si fueran del 2010, entendiendo que dicho criterio no modificará substancialmente los resultados..

Para algunas de las avenidas para las cuales no existe información se realizaron estimaciones por similitud con las que sí se tiene información.

Velocidades adoptadas

Por el carácter preliminar de este trabajo no se realizaron cálculos de las velocidades en períodos de congestión a partir de funciones velocidad-flujo. En su lugar se adoptaron velocidades representativas de operación en flujo libre, es decir con bajo tránsito, y en condiciones de congestión.

Las velocidades adoptadas son las siguientes:

Tipo de vehículo	Autopistas	
	Velocidades (km/h)	
	En Flujo	
	Libre	En Congestión
Automóvil	95	40
Colectivo	60	40
Camión	80	40

Tipo de vehículo	Avenidas	
	Velocidades (km/h)	
	En Flujo	
	Libre	En Congestión
Automóvil	40	20
Colectivo	30	15
Camión	40	20

Valor del tiempo y costos de operación de vehículos

La cuantificación de los costos incrementales debidos a la congestión requiere disponer del valor del tiempo de personas y de costos de operación de vehículos a distintas velocidades.

Tanto para el valor del tiempo como para los costos de operación de vehículos se adoptaron los valores calculados por la DNV, cuya última publicación corresponde a Agosto de 2011.

El costo de tiempo de personas por vehículo determinado a partir de la DNV es el siguiente:

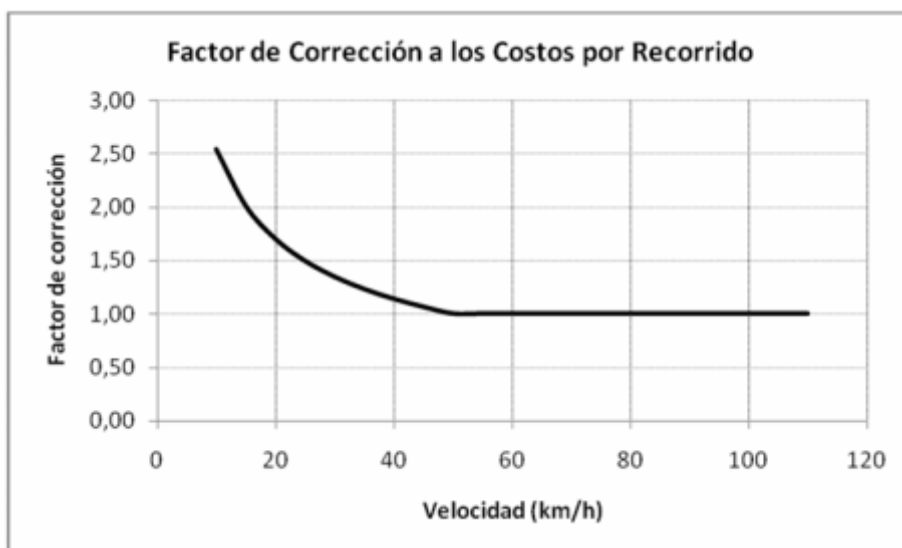
Valor del Tiempo			
Automóvil			
Conductor	Trabajo	50.85	\$/h
	Otros motiv.	15.25	\$/h
Pasajero	Trabajo	23.5	\$/h
	Otros motiv.	7.05	\$/h
Ocupación:		1.5	pers/veh
% Motivo trabajo:		20%	
Costo de tiempo:		27.54	\$/h-veh
Transporte Público (Colectivos)			
Pasajero	Trabajo	23.5	\$/h
	Otros motiv.	7.05	\$/h
Ocupación:		25	pas/veh
% Motivo trabajo:		20%	
Costo de tiempo:		258.50	\$/h

Se adopta un 20% de viajes con motivo trabajo y un 80% de viajes por otros motivos, dentro de los que se incluyen los viajes hogar-trabajo.

La DNV calcula costos de operación para cuatro tipos de vehículo: auto y utilitario, ómnibus interurbano, camión liviano de 2 ejes y camión pesado de 5 ejes. Estos costos están dados en función de la velocidad y divididos en costos por recorrido, o variables, y costos de tiempo, o fijos. Son determinados para condiciones de velocidad constante por lo que deben ser corregidos para tener en cuenta los cambios frecuentes de velocidad y los ciclos detención-arranque propios de la operatoria en congestión. Esto se realiza aplicando un factor de corrección a los costos por recorrido. Este factor de corrección se elaboró a partir de trabajos realizados en Estados Unidos en la década de 1960¹.

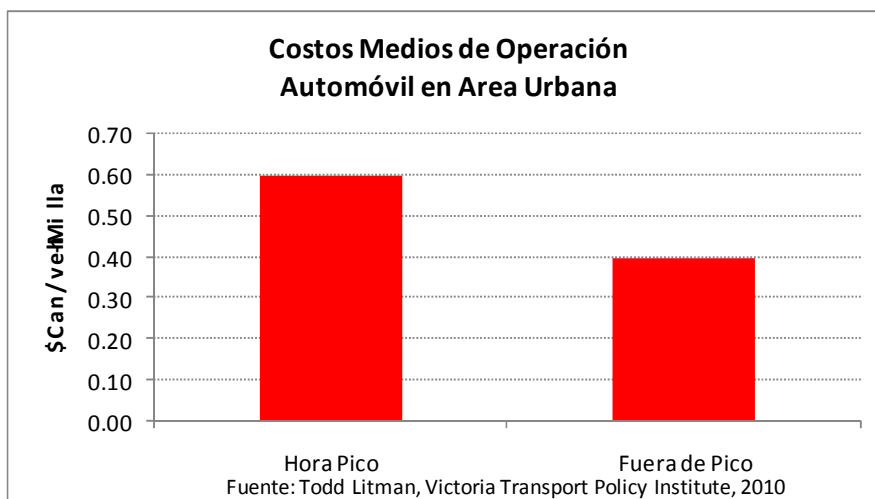
El siguiente gráfico muestra factor de corrección, variable en función de la velocidad.

¹ Road User Benefit Analyses for Highway Improvements, AASHTO, 1960.



El factor de corrección se aplica a los costos para velocidades inferiores a 50 km/h, para velocidades mayores los costos de la DNV no requieren ser corregidos.

Si bien la fuente utilizada resulta un tanto antigua, los valores del factor de corrección fueron verificados con una fuente más moderna². El valor promedio de los factores de corrección entre 10 y 50 km/h es 1,5. Este valor coincide con los hallazgos de esta fuente, tal como se observa en el siguiente gráfico, en el que la relación entre costos en períodos pico y fuera de pico es 1,5.



Los costos de operación del ómnibus interurbano de la DNV fueron corregidos para asimilarlos a los de un colectivo urbano, que predomina en la red analizada. La corrección se realizó reduciendo los costos operativos de la DNV en un 25%.

Con respecto a los camiones, se adoptó un camión promedio compuesto por 70% camión liviano de 2 ejes y 30% camión pesado de 5 ejes.

² Todd Litman, Victoria Transport Policy Institute (Canada), 2010.

Los costos operativos utilizados para este trabajo se muestran en el siguiente cuadro:

Tipo de vehículo	Velocidad km/h	Costos de Operación de Vehículos (\$/veh-km)			
		Recorrido		Tiempo	Total
		Vel. cte.	Vel. variab.(1)		
Auto Utilitario	20	0.7960	1.3545	1.3671	2.7216
	40	0.6840	0.7786	1.0633	1.8419
	95	0.8016	0.8016	0.6600	1.4616
Colectivo	15	5.7345	11.5290	7.6215	19.1505
	30	4.1689	5.6069	6.0938	11.7006
	40	3.7021	4.2139	5.3994	9.6132
	60	3.3222	3.3222	4.4329	7.7551
Camión	20	3.7371	6.3586	9.2209	15.5795
	40	3.2986	3.7545	7.2189	10.9734
	80	3.7562	3.7562	5.1744	8.9305

(1) Corregidos por variaciones de velocidad.

Cálculo del tiempo de personas perdido por congestión

En primer lugar se calculó el recorrido, en vehículos-kilómetro diarios, que se efectúan en cada uno de los accesos, total y en períodos pico, mediante la siguiente formulación:

$$VKMD_S = TMDA_s \cdot L_s$$

$$VKMDPP_S = \frac{1}{2} \cdot fhp \cdot NHC \cdot VKMD_S$$

$$VKMDPP_{Si} = VKMDPP_S \cdot P_{Si}$$

Donde:

$VKMD_S$ = vehículos-kilómetro diarios en la sección s.

$TMDA_S$ = tránsito medio diario anual en la sección s.

L_S = longitud de la sección s.

S = sección de acceso.

$VKMDPP_S$ = veh-km diarios en congestión, sección s.

fhp = porcentaje de la hora pico promedio con respecto al TMDA.

NHC = número de horas pico por día.

P_{Si} = porcentaje del vehículo i en el TMDA.

$VKMDPP_{Si}$ = veh-km diarios en congestión, vehículo i (se consideraron automóviles y colectivos), sección s.

Se calcularon las horas perdidas por efecto de la congestión mediante la siguiente expresión:

$$HPEC_{Si} = VKMDPP_{Si} \cdot \left(\frac{1}{VC_{Si}} - \frac{1}{VFL_{Si}} \right)$$

Siendo:

i = tipo de vehículo (automóvil y colectivo).

$HPEC_{Si}$ = horas perdidas en congestión.

$VKMDPP_{Si}$ =vehículos-kilómetro diarios recorridos en los accesos en período de congestión.

VFL_{Si} = velocidad en flujo libre, km/h

VC_{Si} = velocidad en condiciones de congestión, km/h.

Esta expresión se aplica a cada sección de cada acceso, según el tipo de vía (autopista o avenida) y para cada tipo de vehículo (automóviles y colectivos).

Cálculo de los costos incrementales de operación de vehículos

Los costos incrementales de operación de vehículos se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$CIDOV_{Si} = VKMDPP_{Si} \cdot [COV(VC_{Si}) - COV(VFL_{Si})]$$

Donde:

i = tipo de vehículo (automóvil, colectivo y camión).

$CIDOV_{Si}$ = costos diarios incrementales de operación a causa de la congestión.

$COV(V_{Si})$ = costo de operación del tipo de vehículo i a la velocidad V en la sección s .

Los costos incrementales debidos a la congestión de un determinado año se calculan como suma de los costos incrementales de tiempo de personas y de los costos de operación, como diferencia entre las condiciones actuales y la situación sin congestión.

$$CIDAC = 260 \left[\sum_i \sum_S HPEC_{Si} \cdot VT_i + \sum_i \sum_S CIDOV_{Si} \right]_{DH} + 52 \left[\sum_i \sum_S HPEC_{Si} \cdot VT_i + \sum_i \sum_S CIDOV_{Si} \right]_{FDS}$$

Siendo:

$CIDAC$ = costos incrementales anuales debidos a la congestión.

VT_i = valor del tiempo para el vehículo i .

DH = días hábiles (260 días hábiles por año).

FDS = fines de semana (52 días de fin de semana por año).

Resultados obtenidos

La aplicación de los procedimientos descriptos permitió obtener los siguientes resultados:

Costos Incrementales de Tiempo por Congestión Días Hábiles:

Año: 2010

Automóvil

Horas diarias perdidas por congestión: 111,373 veh-h/día

Valor de las horas perdidas: 3,067,222 \$/día

Transporte Público (Colectivos)

Horas diarias perdidas por congestión: 7,052 veh-h/día

Valor de las horas perdidas: 1,823,054 \$/día

Valor anual de las pérdidas de tiempo: 1,271,471,884 \$/año

317,867,971 u\$s/año

Costos Incrementales de Tiempo por Congestión Fines de Semana:

Automóvil

Horas diarias perdidas por congestión: 73,566 veh-h/día

Valor de las horas perdidas: 1,640,525 \$/día
Transporte Público (Colectivos)
 Horas diarias perdidas por congestión: 4,200 veh-h/día
 Valor de las horas perdidas: 740,196 \$/día

Valor anual de las pérdidas de tiempo: 123,797,464 \$/año 30,949,366 u\$s/año

Costos Totales Incrementales de Tiempo por Congestión:

Valor anual de las pérdidas de tiempo: 1,395,269,348 \$/año 348,817,337 u\$s/año

**Costos Incrementales de Operación por Congestion en Días Hábiles
Automóvil**

Vehículo-km/día en período pico VKMDPP	En congestión		Sin congestión		COV Incremental \$/día
	Velocidad km/h	COV \$/día	Velocidad km/h	COV \$/día	
Autopistas 5,513,452	40	10,155,129	95	8,058,186	2,096,944
Avenidas 1,367,143	20	3,720,806	40	2,518,116	1,202,690

Transporte Público (Colectivos)

Vehículo-km/día en período pico VKMDPP	En congestión		Sin congestión		COV Incremental \$/día
	Velocidad km/h	COV \$/día	Velocidad km/h	COV \$/día	
Autopistas 29,003	40	278,810	60	224,918	53,892
Avenidas 204,322	15	3,912,873	30	2,390,699	1,522,174

Camiones

Vehículo-km/día en período pico VKMDPP	En congestión		Sin congestión		COV Incremental \$/día
	Velocidad km/h	COV \$/día	Velocidad km/h	COV \$/día	
Autopistas 258,096	40	2,832,192	80	2,304,937	527,255
Avenidas 131,221	20	2,044,363	40	1,439,940	604,423

**Costos Incrementales de Operación por Congestion en Fines de Semana
Automóvil**

Vehículo-km/día en período pico VKMDPP	En congestión		Sin congestión		COV Incremental \$/día
	Velocidad km/h	COV \$/día	Velocidad km/h	COV \$/día	
Autopistas 3,558,594	40	6,554,511	95	5,201,063	1,353,448
Avenidas 882,407	20	2,401,552	40	1,625,289	776,263

Transporte Público (Colectivos)

Vehículo-km/día en período pico VKMDPP	En congestión		Sin congestión		COV Incremental \$/día
	Velocidad km/h	COV \$/día	Velocidad km/h	COV \$/día	
Autopistas 18,719	40	179,955	60	145,171	34,784
Avenidas 131,877	15	2,525,519	30	1,543,050	982,470

Camiones

Vehículo-km/día en período pico VKMDPP	En congestión		Sin congestión		COV Incremental \$/día
	Velocidad km/h	COV \$/día	Velocidad km/h	COV \$/día	
Autopistas 166,585	40	1,828,006	80	1,487,695	340,311

Avenidas	84,695	20	1,319,511	40	929,393	390,118
----------	--------	----	-----------	----	---------	---------

Valor anual de los costos de operación incrementales:

Año: 2010

	1,763,542,977	\$/año	440,885,744	u\$/año
Costo total de la congestión en accesos:	3,159	Mill. \$/año	790	Mill. u\$/año

Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad a las principales variables del modelo utilizado. Estas variables son: el valor del tiempo de personas, los costos de operación de vehículos y las velocidades de operación adoptadas.

Los resultados del análisis de sensibilidad son los siguientes:

Variable	Variación	Costo Incremental		
		Millones de \$	Millones de u\$s	Variación (1)
Valor del tiempo	-25%	2.810	702	-11%
Costos de operación	-25%	2.718	679	-14%
Valor del tiempo y costos de operación	-25%	2.369	592	-25%
Velocidades en congestión para todos los vehículos	+25%	1.711	428	-46%

(1) Con respecto al valor calculado.

Se observa que los resultados son poco sensibles a los costos de operación y al valor del tiempo y muy sensibles a las velocidades. No obstante, aún en el caso en que las velocidades en condiciones de congestión fueran 25% superiores a las adoptadas, los resultados seguirían siendo significativamente altos.

Conclusiones

En resumen, puede afirmarse que los costos incrementales debidos a la congestión están en el orden de los 3.160 millones de pesos por año, a valores de agosto de 2010 ó aproximadamente 790 millones de dólares anuales.

Esta estimación fue realizada para el año 2010, último año para el cual se dispone de información de tránsito. Es de suponer que esta cifra se irá incrementando con el crecimiento del tránsito, aunque por las restricciones que imponen las limitaciones de capacidad de la red vial, ese incremento no podrá ser equiparable al crecimiento observado en los últimos años.

La magnitud de las cifras llama la atención y pone en evidencia la necesidad de realizar inversiones tendientes a lograr un sistema de transporte más eficiente, que reduzca significativamente los costos de la situación presente.

Resulta claro que no es posible solucionar el problema de la congestión en los accesos a Buenos Aires mediante el aumento de capacidad vial (agregado de carriles), por razones económicas y por razones urbanísticas, por lo que es necesario la implementación de modos de transporte masivos, que a la vez de ser más eficientes y menos contaminantes, sean, también, de calidad suficiente como para atraer a una buena parte de los usuarios del automóvil.

Estos modos de transporte son grandes demandantes de capital, pero de acuerdo a los valores arribados en este trabajo serían viables desde el punto de vista económico.

ANEXO

Red Vial de Accesos

Ruta	Límites de la Sección	TMDA 2010	Observaciones	Arteria	TIPO (1)	LONG km
A001	AV.LUGONES/CANTILLO - A/N AV.LIBERTADOR	307,000	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	0.18
A001	A/N AV.LIBERTADOR - A/N AV.CABILDO (I)/AV.MAIPU (D)	314,000	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	0.98
A001	A/N AV.CABILDO (I)/AV.MAIPU (D) - A/N R.N.9	328,300	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	1.85
A001	A/N R.N.9 - B/N AV.DEL TEJAR	252,500	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	0.77
A001	B/N AV.DEL TEJAR - A/N AV.DE LOS CONSTITUYENTES	230,200	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	2.34
A001	A/N AV.DE LOS CONSTITUYENTES - B/N AV.SAN MARTIN	223,000	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	2.37
A001	B/N AV.SAN MARTIN - A/N R.N.7	247,700	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	5.27
A001	A/N R.N.7 - A/N EX R.N.3 (D)	190,100	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	3.47
A001	A/N EX R.N.3 (D) - B/N R.N.A002 (AU.RICCHERI)	144,100	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	4.08
A001	B/N R.N.A002 (AU.RICCHERI) - SAL.AV.CORONEL ROCA	126,000	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	1.89
A001	SAL.AV.CORONEL ROCA - PTE.DE LA NORIA (P.INT.)	90,400	Cobertura	Av. Gral. Paz	AU	1.12
Camino Negro	PTE. DE LA NORIA - A. LARROQUE	90,400	Estimación	Camino Negro	AU	5.00
A001	AV.CALCHAQUI (F.INT.) - AV DEBENEDETTI (P.INT.)	42,400	Cobertura	Acc. Sudeste	AU	6.15
A001	AV.DEBENEDETTI (P.INT.) - ACC.A PTE.AVELLANEDA (F.INT.)	48,600	Estimación	Debenedetti-Avellaneda	AV	3.50
A001	ACC.A PTE.N.AVELLANEDA (F.INT.) - INT.AV.ALTE.BROWN	48,600	Cobertura	Pte. Avellaneda	AV	2.20
195	AV. GRAL. PAZ - OLIVOS	57,800	Cobertura	Av. Libertador	AV	3.00
195	OLIVOS - RP4	52,200	Cobertura	Av. Libertador	AV	5.00
Av.Libertador	AV. GRAL. PAZ - Av. SANTA FE	52,200	Estimación	Av. Libertador	AV	5.00
Av. Maipu	AV. GRAL. PAZ - OLIVOS	62,600	Estimación	Av. Maipú	AV	3.00
Av. Maipu	OLIVOS - RP4	55,000	Estimación	Av. Maipú	AV	5.00
Av. Cabildo	AV. GRAL. PAZ - Av. SANTA FE	62,600	Estimación	Av. Cabildo	AV	5.00
ACN	AV.GRAL.PAZ (A001) - INT.R.N.A003 (B/N R.P.4)	362,800	Permanente	Acceso Norte	AU	8.11
Ruta 8	AV. GRAL. PAZ - RP4	43,074	Cobertura	Ruta 8	AV	6.00
Av. S. Martín	AV. GRAL. PAZ - ALVAREZ JONTE	43,074	Estimación	Av. S. Martín	AV	5.00
ACO	INT.R.N.A001 (AV.GENERAL PAZ) - A/N R.P.4	150,500	Cobertura	Acceso Oeste	AU	9.17
Av. Rivadavia	INT.R.N.A001 (AV.GENERAL PAZ) - A/N R.P.4	35,283	Cobertura	Av. Rivadavia	AV	9.50
Av. Rivadavia	AV. GRAL. PAZ - AU6	35,283	Estimación	Av. Rivadavia	AV	3.00
Ruta 3	INT.R.N.A001 (AV.GENERAL PAZ) - A/N R.P.4	41,700	Estimación	Av. Prov. Unidas	AV	4.70
A. J.B. Alberdi	AV. GRAL. PAZ - AU6	41,700	Estimación	A. J.B. Alberdi	AV	3.50
Av. Crovara	INT.R.N.A001 (AV.GENERAL PAZ) - A/N R.P.4	41,700	Estimación	Av. Crovara	AV	4.60
Av. E. Perón	AV. GRAL. PAZ - AU6	41,700	Estimación	Av. E. Perón	AV	4.00
A002	INT.R.N.A001 (AV.GENERAL PAZ) - A/N R.P.4	150,000	Permanente	AU Riccheri	AU	4.70
Av. Sáenz	PT. URIBURU - RN 205	41,700	Estimación	Av. Sáenz	AV	5.00
Av. Sáenz	PT. URIBURU - AU1	41,700	Estimación	Av. Sáenz	AV	3.50
Av. V. Sars.	PTE. V. DE LA PLAZA - AV. D. F. SARMIENTO	41,700	Estimación	Av. Pienovi	AV	4.00
Av. E. R.	PTE. V. DE LA PLAZA - AU1	41,700	Estimación	Av. E. R.	AV	4.00
Vieytes	PTE. PUEYRREDON VIEJO - CRISOLOGO LARRALDE	30,000	Estimación	Av. Vieytes	AV	2.00
Vieytes	PTE. PUEYRREDON VIEJO - SUAREZ	30,000	Estimación	Av. Vieytes	AV	2.00
Pte. Puerredón	PTE PUEYRREDON - VIADUCTO AVELLANEDA	86,255	Cobertura	Av. Mitre/Pavón	AV	4.00
Av. 9 de julio	PTE PUEYRREDON - AU1	86,255	Estimación	Av. 9 de julio	AV	3.70
AUBALP	AV. BRASIL - B/N A001	120,400	Cobertura	AUBALP	AU	7.50
AUBALP	B/N A001 - BERNAL	113,200	Cobertura	AUBALP	AU	4.00
Aut. Internas	AU-1; AU-6; ILLIA	312,295	Peaje	AUSA	AU	20.00

(1) AU: autopista; AV: avenida

Esquema de la Red Vial de Accesos

