

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Para la determinación de los costos de operación vehicular se utilizó un estudio realizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes denominado: “Programa de Mejoramiento y Modernización de Carreteras Alimentadoras y Caminos Rurales”; en el que se expone en el anexo Metodología para la Evaluación Económica de Proyectos de Obras Viales, la manera de cuantificar los costos de operación vehicular para proyectos carreteros de mejoramiento de superficie de rodamiento y cambios de trazado en la misma.

Es preciso señalar que el modelo utilizado no es el adecuado para proyectos de ampliación a más de dos carriles en un sólo cuerpo o construcción de nuevas carreteras, pero para efectos del proyecto se consideró como un aproximado de los beneficios, tomando en cuenta que hay una mejora en el trazado de pasar de una carretera de dos carriles de 44.5 km. (autopista actual) a una de dos carriles con las mismas condiciones pero de 35.8 km. (segundo, cuerpo del proyecto).

Para el cálculo de los costos vehiculares se utiliza el submodelo Vehicle Operation Cost (VOC) del modelo computacional “Highway Design and Maintenance Standards Model” del Banco Mundial. El procedimiento utilizado en el estudio de la SCT fue el de probar el modelo VOC para cuatro tipos de vehículos y cuatro condiciones topográficas (terreno plano, lomerío suave, lomerío fuerte y terreno montañoso), bajo diferentes condiciones de rugosidad y velocidad operativo.

Una vez obtenidos los costos de operación vehicular según tipo de terreno, los resultados se analizan utilizando regresión múltiple y se obtiene un conjunto de doce ecuaciones para los cuatro tipos de terreno analizados, explicadas con un R^2 que excede a 0.95. La forma general de las ecuaciones es la siguiente:

$$COP_{[i,j]} = a_{0[i,j]} + a_{1[i,j]} * X_1^{-1.4} + a_{2[i,j]} * X_2$$

donde:

$COP_{[i,j]}$ = Costo unitario por kilómetro de operación del vehículo tipo (i) en topografía (j) en dólares de los EE.UU.

X_1 = Velocidad promedio del tramo en Km/h

X_2 = Rugosidad del tramo en IRI (índice internacional de rugosidad en m/km.)

$a_{0[i,j]}$, $a_{1[i,j]}$, $a_{2[i,j]}$ = Parámetros según tipo de vehículo y terreno, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de vehículo	Parámetro	Terreno			
		Plano (2% de pendiente)	Lomerío suave (4% de pendiente)	Lomerío fuerte (6% de pendiente)	Montañoso (8% de pendiente)
Auto	a_0	0.09836	0.09855	0.09914	0.1008
	a_1	2.8141	2.81831	2.81352	2.7857
	a_2	0.00639	0.00639	0.00639	0.00635
Autobús	a_0	0.24721	0.27688	0.33417	0.41928
	a_1	14.2762	14.1919	13.8406	13.2283
	a_2	0.00943	0.01036	0.01131	0.01229
Camión de carga	a_0	0.24802	0.31523	0.42652	0.57376
	a_1	14.1043	13.5682	12.7219	11.7601
	a_2	0.0286	0.02948	0.03021	0.03103

Para efectos de la cuantificación de los ahorros de costos de operación en los proyectos analizados, se interpelaron los valores de los parámetros correspondientes a las pendientes promedio de los terrenos en la situación sin proyecto y con proyecto (5% en ambas).

Una vez definidas las ecuaciones, el procedimiento fue el de encontrar los costos vehiculares de acuerdo al grado de rugosidad de las carreteras analizadas (4 para la carretera actual y 2 en la de proyecto) y las velocidades proyectadas por tipo de vehículo. Para cuantificar los costos totales por tipo de vehículo se multiplicó por el porcentaje correspondiente al TPDA de acuerdo al tipo de vehículo, por el número de kilómetros analizados, por los 365 días del año y por el tipo de cambio de mercado para convertir los costos en nuevos pesos:

Costo total de un vehículo (i) =	(Costos unitarios del vehículo (i) en f (velocidad y rugosidad)) * (% del vehículo (i) del TPDA) * (No de Kms del tramo) * (365 días) * (tipo de cambio de mercado)
----------------------------------	---

Los costos totales de los diferentes tipos de vehículo para las situaciones sin proyecto y con proyecto, se muestran en los cuadros siguientes:



Anexo 2

Costos de operación vehicular de los usuarios de la autopista actual de 2 carriles que pueden ser clientes potenciales de la autopista de proyecto
Tramo Esperanza - Cd. Mendoza (44.5 km)
Situación sin proyecto
(En miles de nuevos pesos de abril de 1995)

Premisas

	Composición vehicular	Tasa de crecimiento vehicular
Autos	33%	
Autobuses	5%	3%
Camiones	62%	

Año	50% del TPDA	Velocidad promedio (km/h) Autos y camionetas	Velocidad promedio (km/h) Autobuses	Velocidad promedio (km/h) Camiones de carga	Costos de operación Autos y camionetas N\$	Costos de operación Autobuses N\$	Costos de operación Camiones de carga N\$
1995	2450	71.98	61.18	54.00	9352383.35	4433748.63	71045889.86
1996	2524	71.81	61.04	53.88	9634819.57	4568526.85	73201722.57
1997	2599	71.64	60.89	53.75	9925853.64	4707466.56	75423866.66
1998	2677	71.47	60.74	53.61	10225752.25	4850700.90	77714426.09
1999	2757	71.28	60.59	53.48	10534790.71	4998367.59	80075576.47
2000	2840	71.10	60.43	53.34	10853253.33	5150609.13	82509567.91
2001	2925	70.90	60.26	53.19	11181433.67	5307573.09	85018728.02
2002	3013	70.70	60.10	53.04	11519634.96	5469412.18	87605465.05
2003	3104	70.50	59.92	52.89	11868170.39	5636284.57	90272271.20
2004	3197	70.29	59.74	52.73	12227363.52	5808354.08	93021726.13
2005	3293	70.07	59.56	52.57	12597548.68	5985790.42	95856500.61
2006	3391	69.85	59.37	52.40	12979071.35	6168769.50	98779360.48
2007	3493	69.62	59.17	52.23	13372288.62	6357473.67	101793170.75
2008	3598	69.38	58.97	52.05	13777569.63	6552092.00	104900899.96
2009	3706	69.13	58.76	51.86	14,195,296 05	6752820.63	108105624.84
2010	3817	68.88	58.55	51.68	14,625,862 60	6959863.09	111410535.25



Anexo 2

Costos de operación vehicular de los usuarios que circularían en el 2do. cuerpo una vez que entre en funcionamiento (50% del TPDA)

Tramo Esperanza - Cd. Mendoza (44.5 km)

Situación sin proyecto

(En miles de nuevos pesos de abril de 1995)

Premisas

	Composición vehicular	Tasa de crecimiento vehicular
Autos	33%	
Autobuses	5%	3%
Camiones	62%	

Año	50% del TPDA	Velocidad promedio (km/h) Autos y camionetas	Velocidad promedio (km/h) Autobuses	Velocidad promedio (km/h) Camiones de carga	Costos de operación Autos y camionetas N\$	Costos de operación Autobuses N\$	Costos de operación Camiones de carga N\$
1995	2450	71.98	61.18	54.00	9,352,383.35	4433748.63	71045889.86
1996	2524	71.81	61.04	53.88	9634819.57	4568526.85	73201722.57
1997	2599	71.64	60.89	53.75	9925853.64	4707466.56	75423866.66
1998	2677	71.47	60.74	53.61	10225752.25	4850700.90	77714426.09
1999	2757	71.28	60.59	53.48	10534790.71	4998367.58	80075576.47
2000	2840	71.10	60.43	53.34	10853253.33	5150609.13	82509567.91
2001	2925	70.90	60.26	53.19	11181433.67	5307573.09	85018728.02
2002	3013	70.70	60.10	53.04	11519634.96	5469412.18	87605465.05
2003	3104	70.50	59.92	52.89	11868170.39	5636284.57	90272271.20
2004	3197	70.29	59.74	52.73	12227363.52	5808354.08	93021726.13
2005	3293	70.07	59.56	52.57	12597548.68	5985790.42	95856500.61
2006	3391	69.85	59.37	52.40	12979071.35	6168769.50	98779360.48
2007	3493	69.62	59.17	52.23	13372288.62	6357473.67	101793170.75
2008	3598	69.38	58.97	52.05	13777569.63	6552092.00	104900899.96
2009	3706	69.13	58.76	51.86	14195296.05	6752820.63	108105624.84
2010	3817	68.88	58.55	51.86	14625862.60	6959863.09	111410535.25



Anexo 2

Costos de operación vehicular de los usuarios del 2do. cuerpo objeto del proyecto (sentido de Esperanza a Cd. Mendoza)
 Tramo Esperanza - Cd. Mendoza (35.8 km)
 Situación con proyecto
 (En miles de nuevos pesos de abril de 1995)

Premisas

	Composición vehicular	Tasa de crecimiento vehicular
Autos	33%	
Autobuses	5%	3%
Camiones	62%	

Año	50% del TPDA	Velocidad promedio (km/h) Autos y camionetas	Velocidad promedio (km/h) Autobuses	Velocidad promedio (km/h) Camiones de carga	Costos de operación Autos y camionetas N\$	Costos de operación Autobuses N\$	Costos de operación Camiones de carga N\$
1995	2450	97.54	82.90	73.17	7368634.39	3419862.03	55119164.86
1996	2524	97.39	82.77	73.06	7590339.43	3523069.61	56781212.32
1997	2599	97.23	82.64	72.95	7818737.52	3629413.11	58493670.72
1998	2677	97.08	82.51	72.83	8054032.26	3738989.23	60258089.15
1999	2757	96.91	82.37	72.70	8296433.54	3851897.81	62076065.76
2000	2840	96.75	82.23	72.58	8546157.77	3968241.87	63949249.42
2001	2925	96.57	82.08	72.45	8803428.08	4088127.71	65879341.40
2002	3013	96.40	81.93	72.32	9068474.54	4211665.07	67868097.22
2003	3104	96.21	81.78	72.18	9341534.36	4338967.24	69917328.51
2004	3197	96.02	81.62	72.04	9622852.17	4470151.17	72028904.94
2005	3293	95.83	81.45	71.89	9912680.24	4605337.58	74204756.23
2006	3391	95.63	81.28	71.74	10211278.73	4744651.15	76446874.28
2007	3493	95.42	81.11	71.59	10518915.96	4888220.63	78757315.39
2008	3598	95.21	80.93	71.43	10835868.68	5036178.98	81138202.49
2009	3706	94.99	80.74	71.26	11162422.35	5188663.54	83591727.58
2010	3817	94.77	80.55	71.09	11498871.43	5345816.20	86120154.21



Anexo 2

Costos de operación vehicular de los usuarios de la autopista actual de 2 carriles (sentido Cd. Mendoza -Esperanza)
 Tramo Esperanza - Cd. Mendoza (44.5 km)
 Situación con proyecto
 (En miles de nuevos pesos de abril de 1995)

Premisas

	Composición vehicular	Tasa de crecimiento vehicular
Autos	33%	
Autobuses	5%	3%
Camiones	62%	

Año	50% del TPDA	Velocidad promedio (km/h) Autos y camionetas	Velocidad promedio (km/h) Autobuses	Velocidad promedio (km/h) Camiones de carga	Costos de operación Autos y camionetas N\$	Costos de operación Autobuses N\$	Costos de operación Camiones de carga N\$
1995	2450	97.54	82.90	73.17	9159336.04	4250945.81	68514045.71
1996	2524	97.39	82.77	73.06	9434919.12	4379234.58	70579998.56
1997	2599	97.23	82.64	72.95	9718821.77	4,511.421.32	72708613.04
1998	2677	97.08	82.51	72.83	10011297.08	4,647.626.28	74901814.72
1999	2757	96.91	82.37	72.70	10312605.93	4787973.54	77161590.13
2000	2840	96.75	82.23	72.58	10623017.34	4932591.15	79489988.80
2001	2925	96.57	82.08	72.45	10942808.65	5081611.25	81889125.48
2002	3013	96.40	81.93	72.32	11272265.83	5235170.27	84361182.30
2003	3104	96.21	81.78	72.18	11611683.77	5393409.00	86908411.14
2004	3197	96.02	81.62	72.04	11961366.52	5556472.82	89533136.03
2005	3293	95.83	81.45	71.89	12321627.67	5724511.79	92237755.64
2006	3391	95.63	81.28	71.74	12692790.60	5897680.90	95024745.97
2007	3493	95.42	81.11	71.59	13075188.84	6076140.17	97896662.98
2008	3598	95.21	80.93	71.43	13469166.38	6260054.87	100856145.55
2009	3706	94.99	80.74	71.26	13875078.06	6449595.74	103905918.37
2010	3817	94.77	80.55	71.09	14293289.90	6644939.13	107048795.04