

ANEXO 3

CÁLCULO Y PROYECCIÓN DE LA VELOCIDAD

Cálculo de la velocidad

Antes de determinar la proyección de la velocidad, durante el horizonte de planeación, el equipo evaluador llevó a cabo un estudio de velocidad de punto³⁵, con la finalidad de estimar la velocidad promedio a la cual transitan los usuarios por la carretera en estudio. Esto se logra mediante un registro de la distribución de velocidades en una distancia corta, para tal efecto, se requiere planear el estudio de manera que el observador pueda ver los vehículos que se aproximan sin ser visto por los conductores.

Un método simple de llevar a cabo un estudio de velocidad de punto requiere de un observador, un cronometro, cinta métrica de 25 ó 50 metros, hojas de campo y un enoscopio. Un enoscopio es una caja en forma de L, abierta en ambos extremos, con un espejo colocado en el interior formando un ángulo de 45° con los brazos del dispositivo, como se muestra en la figura No. 3.1

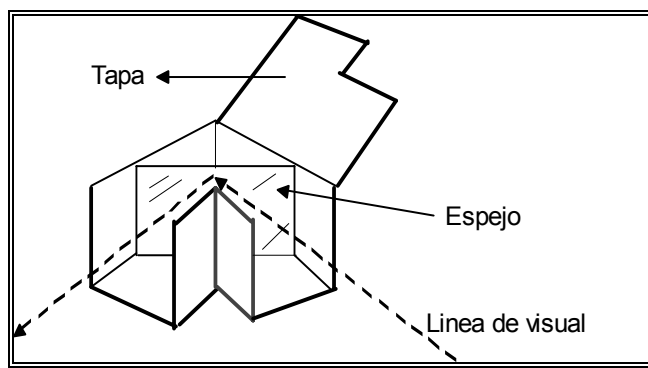


Figura A.3.1 Enoscopio

Este dispositivo desvía la línea visual del observador en el extremo del tramo en estudio, siendo perpendicular a la trayectoria del vehículo cuando éste pasa por el punto donde empieza el tramo.

Debido al paralaje del espejo existe cierto error al tomar el tiempo; pero puede despreciarse para rangos de velocidad entre 30 y 110 km/h.

El horario para hacer los registros que se efectuaron, consideró los siguientes períodos:

35 Determina el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tránsito, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad.

1 hora entre las 9:00 y 12:00 horas
 1 hora entre las 15:00 y 18:00 horas
 1 hora entre las 20:00 y 22:00 horas.

Metodología

La longitud del tramo debe ser definida con precisión en el sitio del estudio. Puede usarse un tramo de 25 ó 50 m, si el rango de velocidades es de 30 a 100 km/h. El enoscopio es colocado en uno de los extremos del recorrido, como se muestra en la figura N° A.3.2, con un brazo de la L perpendicular a la trayectoria de los vehículos y con el otro extremo apuntando hacia el observador. El observador se coloca en el extremo opuesto de la sección. Puede ser conveniente para el observador colocarse alineado con un árbol o poste en el lado opuesto de la calle y accionar el cronómetro en el instante en que el vehículo interrumpa su línea visual al árbol o poste.

Cuando el vehículo cruza el enoscopio el observador distingue un destello al mirar por el extremo del enoscopio que apunta hacia él. El cronómetro es accionado cuando el vehículo pasa por el enoscopio y detenido cuando pasa por el observador. El tiempo transcurrido es anotado en el lugar correspondiente de la hoja de cálculo.

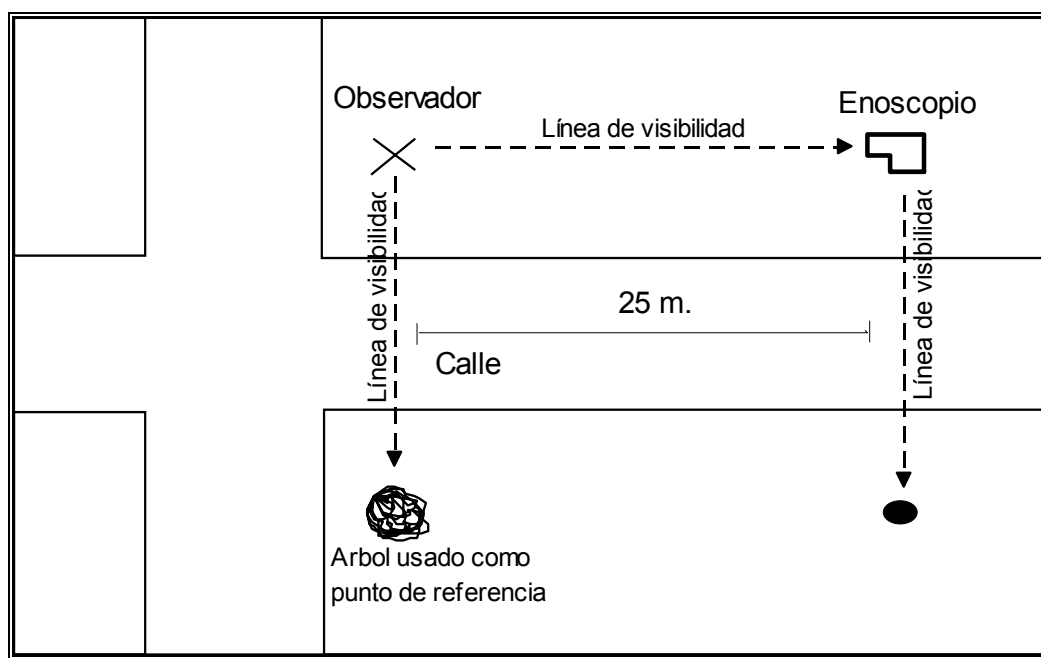


Figura A.3.2 Ilustración de la metodología

Proyección de la velocidad

Con el objeto de calcular la TRI y el VAN, se requirió determinar la proyección de la velocidad durante el horizonte de planeación; ya que de ésta, dependen también los CGV.

Para estos efectos se utilizó una expresión que relaciona la velocidad en función de la relación volumen/capacidad.

Es importante establecer que se debieron considerar otras variables relacionadas con las características que prevalecen en la carretera; ya que de ellas depende la velocidad a la cual el usuario decide transitar, tomando como base el Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual).³⁶

Antes de indicar la expresión que se utilizó, es preciso aclarar que el análisis de carreteras de dos carriles y carreteras de carriles múltiples son diferentes, ya que la capacidad y las características que prevalecen en ellas también lo son; por lo que para proyectar la velocidad en la situación sin proyecto, se empleó una expresión relacionada a carreteras de dos carriles, y para la situación con proyecto se utilizó otra expresión relacionada a carreteras de carriles múltiples.

Expresión para el análisis de la proyección de la velocidad en la situación sin proyecto.

$$VS_i = c (V/c)_i * f_D * f_A * f_{VP} * f_P$$

La expresión anterior permitirá calcular el volumen de servicio para cada nivel de servicio al que puede operar la carretera.

en donde:

VS_i = Volumen de servicio para el nivel de servicio i , en vehículos por hora (vph) en ambos sentidos de circulación. Este volumen de servicio puede convertirse a volumen multiplicándolo por el factor de hora de máxima demanda (FHMD). Cuando no se conoce este factor pueden utilizarse los valores del cuadro N° A.3.1*.

c = Capacidad en condiciones ideales en ambas direcciones (2,800 vehículos por hora).

$(V/c)_i$ = Máxima relación volumen/capacidad asociada al nivel de servicio i . Se obtiene del cuadro N° A.3.2* cuando el análisis es generalizado; esto es, cuando se consideran tramos largos de carretera con características más o menos uniformes o cuando se analizan tangentes con pendientes menores

36 TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, Manual de Capacidad de Carreteras, 1a. Ed., trad. por J. Gardeta y G. Gardeta (Asociación Técnica de Carreteras, Comité Español de la A.I.P.C.R., Madrid España, 1987).

* Cuadros que corresponden al Manual de Capacidad de Carreteras,

de 3% o con longitudes menores que 800 m. Las tangentes con otras características se analizan con el cuadro N° A.3.3*

f_D = Factor de ajuste por efecto de la distribución de direcciones. Se obtiene del cuadro N° A.3.4*

f_A = Factor de ajuste por efecto de restricción en el ancho de carril y acotamientos o distancias a obstáculos laterales. Se obtiene del cuadro N° A.3.5*

f_P = Factor de ajuste por efecto sobre los automóviles de la pendiente de tangentes verticales. Es igual a uno si el análisis es generalizado; pero en análisis de pendientes específicas se calcula con la expresión:

$$f_P = \{ 1 + P_p [0.02 (E - E_o)] \}^{-1}$$

En donde:

P_p = Es la proporción de automóviles en la corriente de tránsito.

E = Automóviles para la pendiente específica.

E_o = Automóviles equivalentes³⁷ para pendiente 0.

f_{VP} = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados. Para análisis generalizados se obtiene de la expresión:

$$F_{VP} = [P_P + P_C E_C + P_R E_R]^{-1}$$

Siendo P_P , P_C , y P_R las proporciones de automóviles, camiones y autobuses respectivamente, y E_C , y E_R los automóviles equivalentes respectivos, que se obtienen del Cuadro N° A.3.8*. Para análisis de pendientes específicas, este factor se obtiene con la expresión:

$$f_{VP} = [P_P + P_{VP} E_{VP}]^{-1}$$

Siendo P_P y P_{VP} las proporciones de automóviles y vehículos, y E_{VP} los automóviles equivalentes por vehículo pesado, determinados por la expresión:

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + P_C/v_p) (E - 1)$$

En donde,

* Ibid.,pág. 8

37 Es una equivalencia de vehículos pesados a vehículos ligeros, tomando en cuenta su comportamiento en términos de velocidad.

* Ibid. ,pág. 8

P_c/v_p es la proporción de camiones en relación con el total de vehículos pesados y E los automóviles equivalentes determinados del cuadro N° A.3.9*

Una vez determinados todos estos factores, se sustituye en la expresión básica y se calcula el volumen de servicio para cada nivel de servicio i . Se compara el Volumen Horario de Máxima Demanda actual y se determina el nivel de servicio al que esta operando la carretera; finalmente, se interpola para determinar la velocidad que corresponde al Volumen Horario de Máxima Demanda actual. Posteriormente, sólo se proyecta el Volumen Horario de Máxima Demanda para cada año, encontrando una velocidad para cada uno de ellos.

Expresión para el análisis de la proyección de la velocidad en la situación con proyecto

Las carreteras de carriles múltiples son las que tienen dos o más carriles por sentido, no tienen control de acceso y no necesariamente están divididas como las autopistas. Estas características generan ciertas interferencias y/o fricciones entre los flujos de tránsito, ocasionando que la operación sea de menor calidad.

La expresión básica para el análisis de estos componentes es :

$$Vs_i = c (V/c)_i * N * f_A * f_{VP} * f_C * f_T$$

En donde las variables y factores tienen el mismo significado que la expresión para carreteras de dos carriles, por lo que:

c = Capacidad por carril en condiciones ideales. Este es de 2,000 automóviles por hora por carril (aphpc) para velocidades de proyecto de 90 kph o mayores, y de 1,900 (aphpc) para velocidades menores.

(V/c) = Máxima relación volumen/capacidad asociada al volumen de servicio i (se obtiene del Cuadro N° A.3.10)*

N = Número de carriles por sentido.

f_A = Factor de ajuste por efecto de restricción en el ancho de carriles y obstáculos laterales (se obtiene de los Cuadros N°s A.3.11 y A.3.12).*

f_C = Factor de ajuste por efecto de los conductores. Es de 1.00 cuando están familiarizados con la carretera; en caso contrario varía entre 0.90 y 0.75.

f_T = Factor de ajuste por efecto del tipo de carretera: dividida o no dividida³⁸ y rural o suburbana³⁹ (este factor se obtiene del Cuadro N° A.3.11*).

* Ibid.,pág. 8

* Ibid. ,pág. 8

F_{VP} = Factor de ajuste por efectos de vehículos pesados. El cual se calcula con la siguiente expresión:

$$f_{VP} = [1 + P_C (E_C - 1) + P_R (E_R - 1)]^{-1}$$

Siendo P_C y P_R las proporciones de automóviles, camiones y autobuses respectivamente, y E_C , y E_R los automóviles equivalentes respectivos, que se obtienen de los cuadros N^{os} A.3.13 y A.3.14.*

Una vez determinados todos estos factores, se sustituyen en la expresión básica y se calcula la densidad vehicular, dado que se conoce el Volumen Horario de Máxima Demanda actual y se determina el nivel de servicio al que está operando la carretera; finalmente se interpola para determinar la velocidad que corresponde al Volumen Horario de Máxima Demanda actual. Posteriormente sólo se proyecta el Volumen Horario de Máxima Demanda para cada año, encontrando una densidad vehicular y una velocidad para cada uno de ellos.

Los cuadros N^{os} A.3.1 al A.3.13; que se presentan enseguida corresponden al Manual de Capacidad de Carreteras.

Cuadro A.3.1 Factores de hora máxima para carreteras de dos carriles basados en distribución aleatoria de flujo

VPH AMBAS DIRECCIONES	FHMD	VPH AMBAS DIRECCIONES	FHMD		
100	0.83	1000	0.93		
200	0.87	1100	0.94		
300	0.90	1200	0.94		
400	0.91	1300	0.94		
500	0.91	1400	0.94		
600	0.92	1500	0.95		
700	0.92	1600	0.95		
800	0.93	1700	0.95		
900	0.93	1800	0.95		
		>1900	0.96		
PARA DETERMINACIONES DE VOLÚMENES DE SERVICIO					
NIVEL DE SERVICIO	A	B	C	D	E
FACTOR HORA DE MÁXIMA	0.91	0.92	0.94	0.95	1.00

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

38 La diferencia entre carreteras divididas o no divididas es la presencia o ausencia de la faja separadora central.

39 La diferencia entre rural o suburbana depende del desarrollo en las zonas aledañas, que se traduce en la frecuencia de entradas y salidas a la carretera, como pueden ser intersecciones, estacionamientos, accesos a servicios diversos, etc. En términos generales, una carretera con más de seis entradas o salidas por kilómetro, se considera suburbana

* Ibid.,pág. 8.

Cuadro A.3.2 Niveles de servicio para análisis generalizado de las carreteras de dos carriles, ambas direcciones

TIPO DE TERRENO	NIVEL DE SERVICIO	DP (a)	VEL (b)	(c) RELACIÓN V/C PARA CARRETERAS CON LONGITUD DE REBASE RESTRINGIDO EN:					
				0%	20%	40%	60%	80%	100%
PLANO	A	30	93	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04
	B	45	88	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
	C	60	83	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32
	D	75	80	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57
	E	90	72	1	1	1	1	1	1
	F	100		(d)					
LOMERÍO	A	30	91	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03
	B	45	86	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13
	C	60	82	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28
	D	75	78	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43
	E	90	64	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90
	F	100		(d)					
MONTAÑOSO	A	30	90	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
	B	45	86	0.25	0.20	0.16	0.13	0.13	0.10
	C	60	78	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
	D	75	72	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
	E	90	56	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
	F	100		(d)					

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

- (a) Límite superior de la demora porcentual (DP), en porcentaje.
- (b) Límite inferior de la velocidad media de viaje, en kph. Esta cifra es informativa y se aplica cuando la velocidad de proyecto es al menos de 100 kph (velocidad en condiciones ideales).
- (c) La relación V/c está referida a $c = 2,800$ aph en ambas direcciones. El porcentaje de rebase restringido puede estimarse con el de longitud de carretera con distancias de visibilidad menores de 450 m.
- (d) Muy variable; el límite corresponde al nivel de servicio E.

Cuadro A.3.3 Niveles de servicio en tangentes verticales específicas de carreteras de dos carriles

PEND. TANG. VERT. (%)	NIVEL DE SERVICIO	VEL (B)	(c) RELACIÓN V/C PARA CARRETERAS CON LONGITUD DE REBASE RESTRINGIDO EN:					
			0%	20%	40%	60%	80%	100%
3	A	88	0.27	0.23	0.19	0.17	0.14	0.12
	B	80	0.64	0.59	0.55	0.52	0.49	0.47
	C	72	1.00	0.95	0.91	0.88	0.86	0.84
	D	64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	A	88	0.25	0.21	0.18	0.16	0.13	0.11
	B	80	0.61	0.56	0.52	0.49	0.47	0.45
	C	72	0.97	0.92	0.88	0.85	0.83	0.81
	D	64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	A	88	0.21	0.17	0.14	0.12	0.10	0.08
	B	80	0.57	0.49	0.45	0.41	0.39	0.37
	C	72	0.93	0.84	0.79	0.75	0.72	0.70
	D	64	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92
6	A	88	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04
	B	80	0.48	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26
	C	72	0.85	0.76	0.68	0.63	0.59	0.55
	D	64	0.97	0.91	0.87	0.83	0.81	0.78
	E	40 - 64 (C)	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98
7	A	88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	80	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15	0.12
	C	72	0.77	0.65	0.55	0.46	0.40	0.35
	D	64	0.93	0.82	0.75	0.69	0.64	0.59
	E	40 - 64 (C)	1.00	0.95	0.92	0.90	0.88	0.86

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

- (a) Velocidad media de viaje en la tangente vertical.
- (b) Relación V/c referida a 2,800 aph en ambas direcciones. El porcentaje de rebase restringido puede estimarse del porcentaje de longitud con distancias de visibilidad mayores de 450 m.
- (c) La velocidad exacta a la cual ocurre la capacidad varía con el porcentaje y longitud de la pendiente, composición del tránsito y del volumen.

Nota: Interpolarse para valores intermedios de rebase restringido. Redondear la pendiente al valor próximo más alto.

Cuadro N° A.3.4: Factores de ajuste por distribución direcciones
En carreteras de dos carriles

DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL SENTIDO 1 / SENTIDO 2	PARA ANÁLISIS GENERALIZADO	PARA ANÁLISIS DE TANG. ESPECÍFICAS (SENTIDO 1 ASCENDENTE)
100/0	0.71	0.58
90/10	0.75	0.64
80/20	0.83	0.70
70/30	0.89	0.78
60/40	0.94	0.87
50/50	1.00	1.00
40/60		1.20
30/70		1.50

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Cuadro N° A.3.5: Factores de ajuste por efecto de restricciones en el ancho
De carril y de acotamiento en carreteras de dos carriles

ANCHO DE ACOTAMIENTO EN METROS	ANCHO DE CARRIL EN METROS Y NIVEL DE SERVICIO (b)							
	3.50		3.30		3.00		2.70	
	A-D	E	A-D	E	A-D	E	A-D	E
1.80	1.00	1.00	0.93	0.94	0.84	0.87	0.70	0.76
1.20	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.60	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.00	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

- (a) Usar ancho medio si los acotamientos tienen anchos diferentes.
(b) para analizar tramos específicos considere NS = E para velocidades menores a 72 kph.

Cuadro N° A.3.6: Automóviles equivalentes para análisis generalizado de carreteras de dos carriles

TIPO DE VEHÍCULO	SÍMBOLO	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE TERRENO		
			PLANO	LOMERÍO	MONTAÑOSO
CAMIÓN	E _C	A	2.0	4.0	7.0
		B-C	2.2	5.0	10.0
		D-E	2.0	5.0	12.0
RECREACIONAL	E _R	A	2.2	3.2	5.0
		B-C	2.5	3.9	5.2
		D-E	1.6	3.3	5.2
AUTOBUS	E _B	A	1.8	3.0	5.7
		B-C	2.0	3.4	6.0
		D-E	1.6	2.9	6.5

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Cuadro N° A.3.7: Automóviles equivalentes para análisis de tangentes
Verticales específicas en carreteras de dos carriles

PEND. TANG. (%)	LONGITUD TANGENTE (m)	VELOCIDAD MEDIA DE ASCENSO EN kph					
		88	85	80	72	64	48
	TODAS	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3
3	400	2.9	2.3	2	1.7	1.6	1.5
	800	3.7	2.9	2.4	2	1.8	1.7
	1200	4.8	3.6	2.9	2.3	2	1.9
	1600	6.5	4.6	3.5	2.6	2.3	2.1
	2400	11.2	6.6	5.1	3.4	2.9	2.5
	3200	19.8	9.3	6.7	4.6	3.7	2.9
	4800	71	21.1	10.8	7.3	5.6	3.8
	6400	-	48	20.5	11.3	7.7	4.9
4	400	3.2	2.5	2.2	1.8	1.7	1.6
	800	4.4	3.4	2.8	2.2	2	1.9
	1200	6.3	4.4	3.5	2.7	2.3	2.1
	1600	9.6	6.3	4.5	3.2	2.7	2.4
	2400	19.5	10.3	7.4	4.7	3.8	3.1
	3200	43	16.1	10.8	6.9	5.3	3.8
	4800	-	48	20	12.5	9	5.5
	6400	-	-	51	22.8	13.8	7.4
5	400	3.6	2.8	2.3	2	1.8	1.7
	800	5.4	3.9	3.2	2.5	2.2	2
	1200	8.3	5.7	4.3	3.1	2.7	2.4
	1600	14.1	8.4	5.9	4	3.3	2.8
	2400	34	16	10.8	6.3	4.9	3.8
	3200	91	28.3	17.4	10.2	7.5	4.8
	4800	-	-	37	22	14.6	7.8
	6400	-	-	-	55	25	11.5
6	400	4	3.1	2.5	2.1	1.9	1.8
	800	6.5	4.8	3.7	2.8	2.4	2.2
	1200	11	7.2	5.2	3.7	3.1	2.7
	1600	20.4	11.7	7.8	4.9	4	3.3
	2400	60	25.2	16	8.5	6.4	4.7
	3200	-	50	28.2	15.3	10.7	6.3
	4800	-	-	70	38	23.9	11.3
	6400	-	-	-	90	45	18.1
7	400	4.5	3.4	2.7	2.2	2	1.9
	800	7.9	5.7	4.2	3.2	2.7	2.4
	1200	14.5	9.1	6.3	4.3	3.6	3
	1600	31.4	16	10	6.1	4.8	3.8
	2400	-	39.5	23.5	11.5	8.4	5.8
	3200	-	88	46	22.8	15.4	8.2
	4800	-	-	-	66	38.5	16.1
	6400	-	-	-	-	-	28

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Nota: Sino muestra un valor, esa velocidad no se puede obtener. La pendiente debe redondearse al siguiente valor más alto.

Cuadro N° A.3.8: Niveles de servicio en carreteras múltiples

NIVEL DE SERVICIO	DENSIDAD a	VELOCIDAD DE DISEÑO EN KPH					
		110 V ^b	V/C ^c	110-90 V ^b	V/C ^c	80 V ^b	V/C ^c
A	8.0	87.0	0.4	79.0	0.3	d	
B	13.0	82.0	0.6	75.0	0.5		0.5
C	19.0	76.0	0.7	68.0	0.7		0.6
D	27.0	67.0	0.9	61.0	0.8		0.8
E	42.0	48.0	1.0	48.0	1.0		1.0
F				e			

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

- a). Límite superior de la densidad, en apkpc
b). Límite inferior de la velocidad media de viaje, en kph
c). Límite superior de la relación V/c multiplicado por la capacidad de volumen
d). Nivel de servicio no obtenible
e). Por ser flujo inestable puede variar hasta el límite del nivel E

Cuadro N° A.3.9: Factores de ajuste por restricciones en el ancho de carriles y obstáculos.

No. AMBOS SENTIDOS	DISTANCIA DE OBSTÁCULOS (1)	OBSTÁCULOS EN UN LADO ANCHO DE CARRIL EN M.				OBSTÁCULOS EN AMBOS LADOS ANCHOS DE CARRIL EN M.			
		3.5	3.3	3	2.7	3.5	3.3	3	2.7
4	1.80	1	0.97	0.91	0.81	1	0.97	0.91	0.81
	1.50	0.99	0.96	0.9	0.8	0.99	0.96	0.9	0.8
	1.20	0.99	0.96	0.9	0.8	0.98	0.95	0.89	0.79
	0.90	0.98	0.95	0.88	0.79	0.96	0.93	0.87	0.77
	0.60	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76
	0.30	0.93	0.9	0.85	0.76	0.87	0.85	0.8	0.71
	0.00	0.9	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
6-8	1.80	1	0.96	0.89	0.78	1	0.96	0.89	0.78
	1.50	0.99	0.95	0.88	0.77	0.99	0.95	0.88	0.77
	1.20	0.99	0.95	0.88	0.77	0.98	0.94	0.87	0.77
	0.90	0.98	0.94	0.87	0.76	0.97	0.93	0.86	0.76
	0.60	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75
	0.30	0.95	0.92	0.86	0.75	0.93	0.89	0.83	0.72
	0.00	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.7

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

- (1) Algunos obstáculos, en particular barreras centrales especiales, no causan ningún efecto en el tránsito; por lo tanto los factores deben aplicarse con juicio.

Cuadro N° A.3.10: Factores de ajuste por restricciones del ancho del carril y/o distancia a. Obstáculos laterales en carreteras múltiples no divididas

No. DE CARRILES	DIST. ^b A OBSTÁCULOS (M)	OBSTÁCULOS EN UN LADO ^b ANCHO DE CARRIL, EN M				OBSTÁCULOS EN AMBOS LADOS ^c ANCHO DE CARRIL EN M			
		3.50	3.30	3.00	2.70	3.50	3.30	3.00	2.70
4	1.8	1.00	0.95	0.89	0.77	NA	NA	NA	NA
	1.2	0.98	0.94	0.88	0.76	NA	NA	NA	NA
	0.6	0.95	0.92	0.86	0.75	0.94	0.91	0.86	NA
	0.0	0.88	0.85	0.80	0.70	0.81	0.79	0.74	0.65
6	1.8	1.00	0.95	0.89	0.77	NA	NA	NA	NA
	1.2	0.99	0.94	0.88	0.76	NA	NA	NA	NA
	0.6	0.97	0.93	0.86	0.75	0.96	0.92	0.85	NA
	0.0	0.94	0.90	0.83	0.72	0.91	0.87	0.81	0.70

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

a) Si los factores están a distancias diferentes, use la distancia media

b) Los factores consideran el efecto del tránsito en el sentido opuesto

c) Por ejemplo, cuando se aloja pila a la mitad de la calzada

NA. = no aplicable. Se usan factores para obstáculos en un lado

Cuadro No. A.3.11: Factor de ajuste por tipo de carretera multicarril y desarrollo Del entorno, (f_t)

Tipo	Con separación de sentidos	Sin separación de sentidos
Rural	1.0	0.95
Suburbana	0.9	0.80

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Cuadro N° A.3.12: Automóviles equivalentes para análisis generalizado de Segmentos de autopista

Tipo de vehículo	Símbolo	Tipo de terreno		
		Plano	Lomerío	Montañoso
Camión	E_C	1.7	4.0	8.0
Autobús	E_B	1.5	3.0	5.0
Recreativo	E_R	1.6	3.0	4.0

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Cuadro N° A.3.13: Automóviles equivalentes para análisis de tangentes específicas de autopistas de cuatro carriles

P (%) 1	LONGITUD TANGENTE (M)	E _C ²			E _R ²			E _B
		% DE CAMIÓNES			% DE VEH. RECREATIVOS			
		2	10	20	2	10	20	
1	<800	3	3	3	3	3	3	1.6
	801-1600	5	3	3	5	3	3	
	>1600	7	4	3	7	3	3	
2	<400	4	3	3	4	3	3	1.6
	401-800	7	4	4	7	4	4	
	801-1200	8	4	4	8	5	4	
	1201-2400	9	6	5	9	5	5	
	>2400	10	6	5	10	5	5	
3	≤400	6	4	3	6	4	3	1.6
	401-800	9	5	5	8	5	5	
	801-1200	12	6	6	10	5	5	
	1201-2400	13	7	7	11	6	6	
	>2400	14	8	7	12	7	7	
4	≤400	7	4	4	7	4	3	1.6
	401-800	12	6	6	10	5	5	
	801-1600	15	8	7	12	7	7	
	>1600	17	9	9	13	8	8	
5	≤400	8	5	5	8	5	5	3.0
	401-800	13	7	7	11	6	6	
	801-1600	20	17	11	14	9	9	
	>1600	22	13	13	17	11	11	
6	≤400	9	6	6	9	5	5	5.5
	401-800	17	9	9	13	8	8	
	801-1200	20	12	12	16	11	11	
	>1200	28	18	18	20	14	14	

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

a) Interpolan para composiciones intermedias y aproximar al entero

b) Si la pendiente es fraccionaria redondear al entero superior

Una vez encontradas las velocidades promedio, a la cual viajan los diferentes usuarios (automóviles, camionetas, autobuses, camiones de dos ejes, y camiones de más de dos ejes), se procede a emplear las fórmulas indicadas para proyectar la velocidad en el “sin” (expresiones relacionadas a carreteras de dos carriles) y “con” proyecto (expresiones relacionadas a carreteras de carriles múltiples).

Es conveniente aclarar que para fines de la evaluación, se ha supuesto que la velocidad promedio de las camionetas y autobuses, es igual a la velocidad promedio de los automóviles y; para camiones de dos ejes, y más de dos ejes, se considera la velocidad promedio que les corresponda.

Para poder estimar los factores de ajuste se consideran las características que prevalecen en la carretera como los son:

- Factor de ajuste por efecto de distribución direcciones
- Factor de ajuste por efecto de restricción en el ancho del carril y acotamientos
- Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados
- Factor de ajuste por efecto de pendientes sobre los automóviles
- Factor de ajuste por efecto del tipo de carretera (dividida o no dividida y rural o suburbana)
- Factor de ajuste por efecto de los conductores), es necesario conocer otras variables relacionadas al tipo de carretera, como son: capacidad (por carril o ambos carriles) en condiciones ideales, máxima relación volumen/capacidad, y número de carriles.

De esta manera, suponiendo que se quisiera calcular la velocidad promedio en una carretera de dos carriles, donde se observa un volumen horario de 250 vph para 1995, se tiene que encontrar el nivel de servicio que le correspondería dicho flujo horario:

	<u>Velocidad</u>
$VS_A = 137$ vph	91 km/h
250 vph	X?
$VS_B = 270$ vph	86 km/h

Interpolando para 250 vph se obtiene que la velocidad es de 87 km/h

Si el volumen para el próximo año aumenta a 480 vph, el nivel de servicio de la carretera disminuye quedando entre los niveles de C y D.

	<u>Velocidad</u>
$VS_C = 137$ vph	78 km/h
480 vph	X?
$VS_D = 678$ vph	64 km/h

Interpolando para 480 vph, tenemos que la velocidad promedio disminuye a 77 km/h

Así obtenemos que para 1995, con un flujo horario de 250 vph, la velocidad promedio es de 89 km/h; y para 1996, con un volumen de 480 vph la velocidad disminuye a 77 km/h.

Ahora, suponiendo que se quiere calcular la velocidad por haber agregado un carril más a la carretera; para calcular la velocidad promedio, primero se tiene que conocer la relación volumen - capacidad (v/c), la cual se despeja de la expresión:

$$VS_i = C \cdot (v/c)_i \cdot N \cdot F_A \cdot F_{VP} \cdot F_C \cdot F_T$$

En donde:

VS_i = Volumen de servicio por sentido para el nivel de servicio i , en vhp (para el ejemplo se supone que sea el mismo volumen, 250 aphpc para 1995 y 480 aphpc para 1996).

C = Capacidad por carril en condiciones ideales. Es de 2,000 aphpc (autos por hora por carril) para velocidades de proyecto mayores o igual a 90 km/h

$(v/c)_i$ = Máxima relación volumen/capacidad, asociada al nivel de servicio i .

N = Número de carriles por sentido. ($n=3$)

F_A = Factor de ajuste por efecto de restricción en el ancho de carril. Para nuestro ejemplo tomamos el factor igual a 1 considerando que las mediadas de la carretera sean las adecuadas: ancho de carril de 3.5 m con acotamientos de 2.0 m de ancho.

F_C = Factor de ajuste por efecto de los conductores. Para el ejemplo se consideró que el factor sea igual a 1 suponiendo que los conductores están familiarizados con la carretera (en caso contrario varia entre 0.90 y 0.75).

F_{vp} = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados. Se calcula con la ecuación:

$$F_{vp} = [1 + P_C (E_C - 1) + P_B (E_B - 1)]^{-1}$$

En donde:

P_C y P_B = Son las proporciones de camiones y autobuses respectivamente

E_C y E_B = Son los autos equivalentes que representan los camiones y autobuses.

Del cuadro N° A.3.13 obtenemos:

$E_C = 4.0$ para terreno de lomerío

$E_B = 3.0$ para terreno de lomerío

Una vez que tengamos todos los valores de los factores, sustituimos en la expresión de volumen de servicio y despejamos la relación v/c :

$$(v/c)_i = \frac{VS}{C * N * F_A * F_{VP} * F_C * F_T}$$

Para encontrar la velocidad promedio de un volumen de 250 aphpc, se interpola del cuadro N° A.3.9. el valor encontrado de v/c .

Nivel de servicio	Velocidad	Relación (v/c)
	X?	0.12
A	87	0.38
B	82	0.53

Se obtiene que para una relación de volumen/capacidad (v/c) de 0.12, el nivel de servicio es de A y la velocidad promedio es de 94 km/h.

Haciendo lo mismo para un volumen de 480 aphpc, obtenemos que la relación v/c es de 0.233:

$$(v/c)_i = \frac{480}{(2000)(3)(1.0)(0.413)(0.83)(1.0)}$$

$$(v/c)_i = 0.233$$

A la cual corresponde una velocidad promedio de 91 km/h

Nivel de servicio	Velocidad	Relación (v/c)
	X?	0.23
A	87	0.38
B	82	0.53

Al igual que en este ejemplo, se calcularon las velocidades promedio para la situación sin proyecto y con proyecto de la carretera objeto de estudio. La obtención de las velocidades promedio se utilizan para la cuantificación de ahorro

de tiempo de viaje de los usuarios, pertinente para la cuantificación de beneficios atribuibles al proyecto.

Los siguientes cuadros, muestran información básica que se empleó para fines de la evaluación:

Cuadro N° A.3.14 : Características de velocidad de diseño de la carretera en estudio

	Sin proyecto (100 kph)	Con proyecto (110 kph)
Ancho de carril	3.5 m	3.5 m
Ancho de acotamientos	2.0 m	2.0 m

Fuente: Información proporcionada por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, Dirección General de Caminos, Programa de Modernización de Carreteras Troncales (Saltillo Coahuila, 1993).

Cuadro N° A.3.15 : Tipo de terreno de la carretera en estudio

Tramo	1	2	3	4	5
Sin proyecto	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave
Con proyecto (3° carril)	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave
Con proyecto (4° carril)	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave
Con proyecto (ampliación conjunta)	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave	lomerío suave

Fuente: Información proporcionada por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, Dirección General de Caminos, Programa de Modernización de Carreteras Troncales (Saltillo Coahuila, 1993)

Cuadro N° A.3.16: Longitud de rebase restringida (%) de la carretera en estudio

Tramo	1	2	3	4	5
Sin proyecto	0	20	20	40	0

Con proyecto (3° carril)	0	20	20	40	0
Con proyecto (4° carril)	0	20	20	40	0
Con proyecto (ampliación conjunta)	0	20	20	40	0

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del vídeo cassette de la carretera en estudio.

Cuadro No. A.3.17 : Volumen horario (veh/h) de la carretera en estudio

Tramo	1	2	3	4	5
Sin proyecto	204	159	188	188	188
Con proyecto (3° carril)	204	159	188	188	188
Con proyecto (4° carril)	204	159	188	188	188
Con proyecto (ampliación conjunta)	204	159	188	188	188

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del aforo vehicular que se realizó en campo.

Cuadro No. A.3.18 : Situación sin relación volumen/capacidad proyecto

Nivel de servicio	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
A	0.15	0.1	0.1	0.07	0.07
B	0.26	0.23	0.23	0.19	0.19
C	0.42	0.39	0.39	0.35	0.35
D	0.62	0.57	0.57	0.52	0.52
E	0.97	0.94	0.94	0.92	0.92

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir de los cuadros No. A.3.2, A.3.15 y A.3.16

Cuadro No. A.3.19 : Relación volumen/capacidad situación con proyecto ^{A/}

Nivel de servicio	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
A	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
B	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
C	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
D	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
E	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del cuadro No. A.3.8

a/ Factores de la relación volumen/capacidad, validos para las diferentes alternativas en el con proyecto.

Cuadro N° 3.20: Volumen de servicio, correspondiente a cada tramo

Volumen de servicio, dada una restricción rebase del 0% en condiciones ideales (TRAMO 1)								Volumen de Servicio	Restricción 0%
Nivel de servicio	Velocidad kph	c	Relación (v/c)	fd	fa	fp	fvp		
VSa	>91	2800	0.15	1	1	1	0.488	205	Composición
VSb	>86	2800	0.26	1	1	1	0.419	305	
VSc	>78	2800	0.42	1	1	1	0.419	493	Autos 63%
VSd	>64	2800	0.62	1	1	1	0.425	737	Autobuses 6%
VSe	<64	2800	0.97	1	1	1	0.425	1154	Camiones 31%

Volumen de servicio, dada una restricción rebase del 20% en condiciones ideales (TRAMO 2).								Volumen de Servicio	Restricción 15%
Nivel de servicio	Velocidad kph	c	Relación (v/c)	fd	fa	fp	fvp		
VSa	>91	2800	0.1	1	1	1	0.495	139	Composición
VSb	>86	2800	0.23	1	1	1	0.427	275	
VSc	>78	2800	0.39	1	1	1	0.427	466	Autos 64%
VSd	>64	2800	0.57	1	1	1	0.432	690	Autobuses 6%
VSe	<64	2800	0.94	1	1	1	0.432	1137	Camiones 30%

Volumen de servicio, dada una restricción rebase del 20% en condiciones ideales (TRAMO 3).								Volumen de Servicio	Restricción 20%
Nivel de servicio	Velocidad kph	c	Relación (v/c)	fd	fa	fp	fvp		
VSa	>91	2800	0.1	1	1	1	0.510	143	Composición
VSb	>86	2800	0.23	1	1	1	0.442	284	
VSc	>78	2800	0.39	1	1	1	0.442	482	Autos 66%
VSd	>64	2800	0.57	1	1	1	0.448	714	Autobuses 6%
VSe	<64	2800	0.94	1	1	1	0.448	1178	Camiones 28%

Volumen de servicio, dada una restricción rebase del 40% en condiciones ideales (TRAMO 4).								Volumen de Servicio	Restricción 30%
Nivel de servicio	Velocidad kph	c	Relación (v/c)	fd	fa	fp	fvp		
VSa	>91	2800	0.07	1	1	1	0.510	100	Composición
VSb	>86	2800	0.19	1	1	1	0.442	235	
VSc	>78	2800	0.35	1	1	1	0.442	433	Autos 66%
VSd	>64	2800	0.52	1	1	1	0.448	652	Autobuses 6%
VSe	<64	2800	0.92	1	1	1	0.448	1153	Camiones 28%

Volumen de servicio, dada una restricción rebase del 0% en condiciones ideales (TRAMO 5).								Volumen de Servicio	Restricción 0%
Nivel de servicio	Velocidad kph	c	Relación (v/c)	fd	fa	fp	fvp		
VSa	>91	2800	0.15	1	1	1	0.510	214	Composición
VSb	>86	2800	0.26	1	1	1	0.442	322	
VSc	>78	2800	0.42	1	1	1	0.442	519	Autos 66%
VSd	>64	2800	0.62	1	1	1	0.448	777	Autobuses 6%
VSe	<64	2800	0.97	1	1	1	0.448	1216	Camiones 28%

Fuente: Elaboración propia, a partir del Cuadros No. A.3.3 al A.3.19

Una vez determinado el volumen de servicio para cada nivel de servicio (para el sin proyecto), y la relación volumen/capacidad o densidad vehicular (para la situación con proyecto), se interpolan contra la velocidad en las tablas A.3.19 y A.3.9 respectivamente, en el caso de la tasa de crecimiento del 3.5 % y 7% de la demanda vehicular, dando como resultado las velocidades correspondientes para el incremento de la demanda durante el horizonte de planeación.

En los Cuadros No. A.3.21, A.3.22 y A.3.23 se muestra la proyección de la velocidad, para la situación sin proyecto, con proyecto (3° carril) y con proyecto (4° carril) respectivamente., para un incremento en la demanda del 3.5 % anual.

Cuadro No. A.3.21: Proyección de la velocidad situación optimizada crecimiento del TPDAC al 3.5 %

	1° tramo (km. 21-42)	2° tramo (km. 42-88)	3° tramo (km. 88-103)	4° tramo (km. 103-112)	5° tramo (Km. 112-115)
Año	Vel. Promedio (km/h)	Vel. Promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)
1995	91.0	90.3	89.4	84.8	92.2
1996	90.7	90.0	89.2	84.4	91.9
1997	90.3	89.8	88.9	84.0	91.6
1998	89.9	89.6	88.7	83.7	91.3
1999	89.5	89.4	88.4	83.3	90.9
2000	89.1	89.2	88.2	82.9	90.6
2001	88.7	88.9	87.9	82.5	90.2
2002	88.3	88.7	87.6	81.7	89.8
2003	87.8	88.4	87.3	81.2	89.4
2004	87.4	88.1	87.0	80.7	89.0
2005	86.9	87.9	86.7	80.2	88.6
2006	86.4	87.6	86.4	79.6	88.2
2007	85.9	87.3	86.0	79.1	87.7
2008	85.4	87.0	85.6	78.5	87.3
2009	84.9	86.6	85.2	77.9	86.8
2010	84.5	86.3	84.8	77.3	86.3

Fuente: Elaboración propia, obtenidos a partir del Cuadro No. A.3.20

Cuadro No. A.3.22: Proyección de la velocidad 3º carril Crecimiento del TPDAC al 3.5 %

	1º tramo (km. 21-42)	2º tramo (km. 42-88)	3º tramo (km. 88-103)	4º tramo (km. 103-112)	5º tramo (Km. 112-115)
Año	Vel. Promedio (km/h)	Vel. Promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)
1995	96.98	97.11	97.02	96.70	97.03
1996	96.96	97.09	97.00	96.67	97.02
1997	96.94	97.08	96.98	96.63	97.00
1998	96.92	97.06	96.96	96.60	96.98
1999	96.90	97.04	96.94	96.57	96.96
2000	96.88	97.02	96.92	96.53	96.94
2001	96.85	97.01	96.89	96.50	96.91
2002	96.83	96.99	96.87	96.46	96.89
2003	96.80	96.97	96.85	96.42	96.87
2004	96.78	96.95	96.82	96.38	96.85
2005	96.75	96.92	96.80	96.34	96.82
2006	96.72	96.90	96.77	96.30	96.79
2007	96.69	96.88	96.74	96.26	96.77
2008	96.66	96.86	96.71	96.21	96.74
2009	96.63	96.83	96.69	96.16	96.71
2010	96.60	96.81	96.65	96.12	96.68

Fuente: Elaboración propia, obtenidos a partir del Cuadro No. A.3.9

Cuadro No. A.3.23: Proyección de la velocidad 4º carril Crecimiento del TPDAC al 3.5 %

	1º tramo (km. 21-42)	2º tramo (km. 42-88)	3º tramo (km. 88-103)	4º tramo (km. 103-112)	5º tramo (Km. 112-115)
Año	Vel. Promedio (km/h)	Vel. Promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)
1995	97.15	97.24	97.17	96.88	97.17
1996	97.13	97.23	97.16	96.85	97.16
1997	97.12	97.21	97.15	96.83	97.15
1998	97.10	97.20	97.13	96.80	97.13
1999	97.09	97.19	97.12	96.77	97.12
2000	97.07	97.18	97.10	96.75	97.10
2001	97.06	97.16	97.08	96.72	97.08
2002	97.04	97.15	97.07	96.69	97.07
2003	97.02	97.14	97.05	96.66	97.05
2004	97.00	97.12	97.03	96.63	97.03
2005	96.98	97.11	97.02	96.60	97.02
2006	96.96	97.09	97.00	96.56	97.00
2007	96.94	97.07	96.98	96.53	96.98
2008	96.92	97.06	96.96	96.49	96.96
2009	96.90	97.04	96.94	96.45	96.94
2010	96.87	97.02	96.91	96.42	96.91

Fuente: Elaboración propia, obtenidos a partir del Cuadro No. A.3.9

En los Cuadros No. A.3.24, 3.25 y 3.26 se muestra la proyección de la velocidad, para la situación sin proyecto, con proyecto (3º carril) y con proyecto (4º carril) respectivamente, para un incremento en la demanda del 7.0 % anual.

Cuadro No. A.3.24 Proyección de la velocidad situación optimizada crecimiento del TPDAC al 7 %

Año	1° tramo (km. 21-42) Vel. Promedio (km/h)	2° tramo (km. 42-88) Vel. Promedio (km/h)	3° tramo (km. 88-103) Vel. promedio (km/h)	4° tramo (km. 103-102) Vel. Promedio (km/h)	5° tramo (km. 112-115) Vel. promedio (km/h)
1995	91.0	90.3	89.4	84.8	92.2
1996	90.3	89.8	88.9	84.1	91.6
1997	89.6	89.4	88.4	83.3	91.0
1998	88.8	88.9	87.9	82.5	90.3
1999	87.9	88.4	87.3	81.3	89.5
2000	87.0	87.9	86.7	80.3	88.7
2001	86.0	87.3	86.1	79.2	87.8
2002	85.1	86.7	85.3	78.1	86.9
2003	84.1	86.1	84.4	76.8	85.9
2004	83.0	85.3	83.5	75.5	85.0
2005	81.9	84.4	82.5	74.1	84.0
2006	80.7	83.5	81.5	72.6	83.0
2007	79.4	82.5	80.4	71.0	81.9
2008	78.1	81.5	79.2	64.3	80.7
2009	76.1	80.3	77.9	61.4	79.4
2010	74.0	79.1	75.8	58.3	78.0

Fuente: Elaboración propia, obtenidos a partir del Cuadro No. A.3.20

Cuadro No. A.3.25: Proyección de la velocidad 3° carril crecimiento del TPDAC al 7 %

Año	1° tramo (km. 21-42) Vel. Promedio (km/h)	2° tramo (km. 42-88) Vel. promedio (km/h)	3° tramo (km. 88-103) Vel. promedio (km/h)	4° tramo (km. 103-112) Vel. promedio (km/h)	5° tramo (Km. 112-115) Vel. promedio (km/h)
1995	96.98	97.11	97.02	96.70	97.03
1996	96.94	97.08	96.98	96.64	97.00
1997	96.90	97.04	96.94	96.57	96.96
1998	96.86	97.01	96.90	96.50	96.92
1999	96.81	96.97	96.85	96.43	96.87
2000	96.75	96.93	96.80	96.35	96.82
2001	96.70	96.88	96.75	96.27	96.77
2002	96.64	96.84	96.69	96.18	96.72
2003	96.57	96.79	96.63	96.08	96.66
2004	96.51	96.73	96.57	95.98	96.60
2005	96.43	96.68	96.50	95.86	96.53
2006	96.35	96.61	96.42	95.75	96.46
2007	96.27	96.55	96.34	95.62	96.38
2008	96.18	96.48	96.26	95.48	96.30
2009	96.08	96.40	96.17	95.34	96.21
2010	95.98	96.32	96.07	95.18	96.12

Fuente: Elaboración propia, obtenidos a partir del Cuadro No. A.3.9

Cuadro No. A.3.26 Proyecto de la velocidad 4º carril Crecimiento del TPDAC al 7%

	1º tramo (km. 21-42)	2º tramo (km. 42-88)	3º tramo (km. 88-103)	4º tramo (km. 103-112)	5º tramo (Km. 112-115)
Año	Vel. Promedio (km/h)	Vel. Promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)	Vel. promedio (km/h)
1995	97.1	97.2	97.2	96.9	97.2
1996	97.1	97.2	97.1	96.8	97.1
1997	97.1	97.2	97.1	96.8	97.1
1998	97.1	97.2	97.1	96.7	97.1
1999	97.0	97.1	97.1	96.7	97.1
2000	97.0	97.1	97.0	96.6	97.0
2001	96.9	97.1	97.0	96.5	97.0
2002	96.9	97.0	96.9	96.5	96.9
2003	96.9	97.0	96.9	96.4	96.9
2004	96.8	97.0	96.9	96.3	96.9
2005	96.8	96.9	96.8	96.2	96.8
2006	96.7	96.9	96.7	96.1	96.7
2007	96.6	96.8	96.7	96.0	96.7
2008	96.6	96.8	96.6	95.9	96.6
2009	96.5	96.7	96.6	95.8	96.6
2010	96.4	96.7	96.5	95.7	96.5

Fuente: Elaboración propia, obtenidos a partir del Cuadro No. A.3.9

En el caso de la tasas de crecimiento de la demanda de 10 y 15% se utiliza el mismo procedimiento, pero para fines de simplificación no se pone en el estudio.