

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

Ecuación 4. Índice estadístico GEH.

Donde M es el volumen del modelo para un movimiento en un nodo y C es el volumen real medido en campo. Se manejan rangos de valores de GEH para determinar si un modelo está o no calibrado. Parte de la calibración consiste en revisar los datos para los que se tiene un GEH por fuera del rango admisible. Se verifican los datos de ingreso y los de las intersecciones próximas para encontrar el origen de la diferencia.

Luego de ajustar los volúmenes medidos en campo se desarrolló una asignación por flujos direccionales en la red, mediante el módulo de asignación estático, estableciendo en cada acceso la proporción y el tipo de vehículo que realiza cada movimiento según la convención RILSA. Esto último se realizó para los volúmenes obtenidos de la suma de los modos moto, automóvil, buses, camiones. La verificación del índice GEH se efectuó para los volúmenes de vehículos mixtos, utilizando los criterios de calibración que se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 26. Criterios y rangos de aceptación para la calibración de una microsimulación.

Criterio y Mediciones (valores modelados versus observados)	Aceptación de Calibración	Comentarios / Fuente
Flujos de Arcos Individuales		
dentro de 100 veh/h para flujos < 700 veh/h	> 85% de casos	
dentro de 15% para 700 < flujos < 2700 veh/h	> 85% de casos	
dentro de 400 veh/h para flujos > 2700 veh/h	> 85% de casos	
Suma de todos los flujos por arco	precisión=5%	
Estadístico GEH* < 5 para flujos por arco individual	> 85% de casos	
Estadístico GEH* para suma sobre flujos de arco	< 4	

Nota. Zuñiga, Uso de herramientas de microsimulación para la definición de estrategias de control de tránsito para la ciudad de Santiago, 2010.

De acuerdo con los criterios de aceptación del Cuadro 27, se considera que el modelo de micro simulación de tránsito se encuentra calibrado, pues cumple los cuatro criterios principales, flujo de arcos individuales, suma de todos los flujos por arco, GEH para flujos por arco individual y el GEH para suma sobre flujos de arco, como se presenta a continuación.

Cuadro 27. Calibración del modelo.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO AB AFORADO	FLUJO BA AFORADO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
						GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	KR 97 - KR 97 (MOV 2)	1.037		1.037	962	2,4	1	-	1	-
2	KR 97 - CL 24 (MOV 9(2))	197		197	190	0,5	1	1	-	-
3	KR 97 - KR 97 (MOV 1)	217		217	221	0,3	1	1	-	-
4	CL 24 - CL 24 (MOV 4)	555		555	500	2,4	1	1	-	-
5	CL 24 - CL 24 (MOV 3)	1.453		1.453	1.436	0,4	1	-	1	-
6	CL 24 - KR 97 (MOV 9(3))	127		127	106	1,9	1	1	-	-
7	CL 24 - KR 97 (MOV 8)	599		599	501	4,2	1	1	-	-
8	CL 24 - KR 97 (MOV 9(4))	218		218	189	2,0	1	1	-	-
9	CL 24 - TV 94A (MOV 9(3))	13		13	7	1,9	1	1	-	-
10	TV 94A - CL 24 (MOV 9(2))	220		220	229	0,6	1	1	-	-
11	CL 24 - TV 94A (MOV 9(4))	56		56	77	2,6	1	1	-	-
12	TV 94A - CL 24 (MOV 9(1))	202		202	220	1,2	1	1	-	-
13	CL 24 - CL 24 (MOV 4)	1.038		1.038	1.020	0,6	1	-	1	-
14	CL 24 - CL 24 (MOV 3)	1.845		1.845	1.804	1,0	1	-	1	-
15	KR 86 - KR 86 (MOV 1)									
16	KR 86 - KR 86 (MOV 2)									
17	KR 86 - CL 24 (MOV 9(1))	49		49	49	0,0	1	1	-	-
18	CL 24 - CL 24 (MOV 3)	2.188		2.188	2.085	2,2	1	-	1	-
19	CL 24 - CL 24 (MOV 4)	963		963	1.020	1,8	1	-	1	-
20	CL 24 - CL 24 (MOV 10(3))	12		12	12	0,0	1	1	-	-
21	CL 24 - CL 24 (MOV 10(4))	153		153	143	0,8	1	1	-	-
22	KR 96K - CL 24 (MOV 3)	122		122	131	0,8	1	1	-	-
23	KR 96K - DG 23K (MOV 9(3))	4		4	0	2,8	1	1	-	-
24	DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	1		1	1	0,0	1	1	-	-
25	CL 24 - KR 96K (MOV 9(1))	4		4	8	1,6	1	1	-	-
26	DG 23K - DG 23K (MOV 4)	4		4	0	2,8	1	1	-	-
27	DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	13		13	8	1,5	1	1	-	-

11.290	10.919	3,52	100%	100%	100%	-
TOTAL OBSERVADO	TOTAL MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3

3%
ERROR PRECISIÓN

1	Flujos de arcos individuales
2	Suma de todos los flujos por arco
3	GEH para flujos por arco individual
4	GEH para suma sobre flujos de arco

Nota. Elaboración propia.

Figura 85. Modelación 1 - Escenario actual en Vissim 8.0.



Figura 85. Elaboración propia en Ptv Vissim.

Como se puede observar en la Figura 85, la simulación durante la hora de máxima demanda muestra que la red vial actual se encuentra congestionada, especialmente sobre la intersección de la Av. Calle 24 con Av. Carrera 86, donde se evidencian colas densas y prolongadas en sentido occidente - oriente, pues se alcanza a obstruir el ingreso y la salida sobre la Carrera 90. Sobre la Avenida Ciudad de Cali la congestión es menor, dado que se presentan colas que son evacuadas en menor tiempo, esto, teniendo en cuenta que la programación de las fases semafóricas favorecen el paso sobre la Ciudad de Cali, siendo el corredor de mayor jerarquía al cargar con un volumen vehicular por encima de los 3.000 veh-mixtos/hora sentido.

De igual forma, sobre el cruce de la Av. Calle 24 con Av. Carrera 97 se presenta el mismo problema, operando con colas y demoras importantes. A diferencia de la intersección anterior, esta presenta una programación de las fases semafóricas contemplando un tercer movimiento (8),

el giro izquierdo de la Av. La Esperanza hacia la Carrera 97 en sentido norte – sur. Considerando que el ciclo semafórico de 120 segundos se reparte en cinco movimientos, la operatividad de la intersección se ve limitada, pues una vez se da el giro izquierdo, se detiene el flujo en sentido occidente – oriente, siendo el corredor que conduce mayor flujo vehicular. Adicionalmente, los movimientos directos y sus giros se encuentran en una fase compartida, lo que restringe la velocidad de operación entre ambos movimientos, pues el giro requiere de una velocidad menor a la del movimiento directo.

Por último, en la intersección semaforizada de la Av. Calle 24 con Transversal 95A, se evidencia una operación estable, sin colas o demoras de relevancia. Esto se debe principalmente al ciclo semafórico, pues al ser una intersección para el paso peatonal, maneja ciclos cortos de 60 segundos. Es importante mencionar la importancia de estos semáforos, ya que funcionan como un amortiguador del tránsito, dado que compensa el volumen vehicular en ambos sentidos antes de llegar al cruce siguiente, de lo contrario, este volumen llegaría directamente a la Av. Ciudad de Cali y a la Carrera 97, sin tener tiempo suficiente para evacuar la totalidad del flujo en cada fase, generando así mayor congestión.

A continuación, se presenta el análisis de los resultados arrojados luego de realizar la micro simulación del escenario actual:

11.1 Escenario actual: Análisis y resultados

El software Ptv Vissim presenta dos tipos de resultados, agregados, que hacen referencia al análisis de la red vial general en cuanto a la demora promedio, velocidad promedio de operación,

tiempo de viaje total y la demora total. Por otra parte, se encuentran los resultados desagregados, que evalúan las condiciones de operatividad en un nodo específico (intersección vial), en cuanto a la cola, cola máxima, volumen vehicular y demora. Para esta modelación, estos resultados están asociados a los nodos mostrados en la Figura 84, como se presenta en los cuadros y figuras siguientes:

Figura 86. Niveles de servicio de la red vial actual.

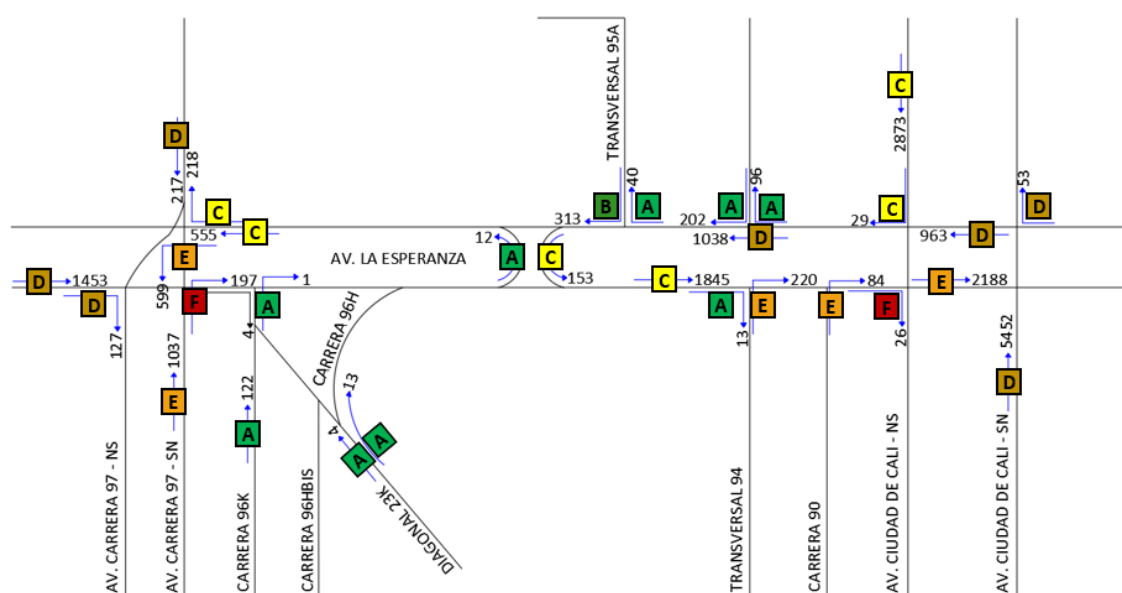


Figura 86. Elaboración propia.

Cuadro 28. Niveles de servicio de la red vial actual.

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
KR 97 - KR 97 (MOV 2)	40,68	99,41	962	47,81	E
KR 97 - CL 24 (MOV 9(2))	40,68	99,41	190	50,65	F
KR 97 - KR 97 (MOV 1)	10,29	54,74	221	31,66	D
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	18,81	87,80	500	19,65	C
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	28,58	109,97	1436	30,23	D
CL 24 - KR 97 (MOV 9(3))	28,58	109,97	106	30,84	D
CL 24 - KR 97 (MOV 8)	16,84	78,39	501	48,13	E
CL 24 - KR 97 (MOV 9(4))	18,81	87,80	189	16,17	C
CL 24 - TV 94 (MOV 9(3))	9,70	105,62	7	9,01	A
TV 94 - CL 24 (MOV 9(2))	2,52	45,93	229	38,53	E
CL 24 - TV 94 (MOV 9(4))	0,14	38,29	77	4,34	A
TV 94A - CL 24 (MOV 9(1))	0,00	7,18	220	1,54	A
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	20,23	83,70	1020	29,91	D
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	4,49	82,34	1804	19,93	C
KR 86 - KR 86 (MOV 1)	32,72	172,88	2844	17,60	C
KR 86 - KR 86 (MOV 2)	90,19	184,18	3877	24,81	C
KR 86 - CL 24 (MOV 9(2))	27,30	162,97	49	22,52	C

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	151,17	201,04	2085	63,29	F
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	20,23	83,70	1020	29,91	D
CL 24 - CL 24 (MOV 10(3))	0,04	16,04	12	5,18	A
CL 24 - CL 24 (MOV 10(4))	0,58	62,15	143	21,43	C
KR 96K - CL 24 (MOV 3)	0,00	5,52	131	0,78	A
KR 96K - DG 23K (MOV 9(3))	0,00	0,00	0	0,00	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,00	0,00	1	0,12	A
CL 24 - KR 96K (MOV 9(1))	0,01	10,10	8	0,48	A
DG 23K - DG 23K (MOV 4)	0,01	10,36	0	0,00	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,00	0,00	8	0,37	A

Nota. Elaboración propia.

En la modelación del escenario actual, se encontró que la infraestructura vial se encuentra operando con niveles de servicio que varían entre A y F, donde las intersecciones semaforizadas son las más afectadas. El caso de la intersección de la **Av. Calle 24 con Av. Carrera 97** muestra que en sentido sur – norte, su giro derecho hacia el occidente, y el giro izquierdo hacia el sur se encuentran funcionando con un nivel de servicio entre E y F, es decir, con demoras superiores o cercanas a 50 s/veh y colas de más de 40 metros, lo que representa condiciones de flujo forzado, caracterizado por ondas de parada y arranque, donde la velocidad deseada se ve afectada por la presencia de otros actores viales que dificultan la libertad de maniobra. Esto no solo se debe a que se está excediendo la capacidad del corredor vial, además de esto, el cambio de geometría en planta también tiene un impacto considerable en la circulación de una corriente vehicular, ya que se presenta una reducción de la sección transversal de la vía de 7.5 a 4.2 metros. Por otra parte, el movimiento 9(2) opera con una fase semafórica compartida con el movimiento directo hacia el norte, además de esto, el movimiento 8 cuenta con el 30% del tiempo en verde de esta fase, lo que agrava la congestión en este punto.

El movimiento 1 hacia el sur, el 9(3) que viene desde la Calle 24 para tomar la Carrera 97 hacia el sur y el 3 hacia el occidente, funcionan en un NS D, cerca de rebasar su capacidad, con demoras entre 26 y 32 s/veh y colas cercanas a los 30 metros. Representa una circulación de

densidad elevada, donde la velocidad deseada se ve seriamente afectada, pues un pequeño incremento del flujo vehicular, ocasiona problemas operativos en el corredor vial. Es interesante ver que los movimientos 4 y 9(4) operan con un NS C, ya que pese a estar en una fase semafórica compartida, su circulación es estable.

La intersección de la **Av. Calle 24 con Transversal 94** en general tiene un buen funcionamiento, pues la mayoría de sus giros operan con un NS A (demoras menores a 10 s/veh), lo que se traduce en una circulación cómoda a flujo libre; no obstante, el movimiento 9(2), se encuentra en un NS E, pues la cola de la intersección siguiente, alcanza a afectar el corredor de ingreso y salida del barrio que conecta, Modelia Imperial, provocando una demora cercana a los 40 s/veh. Después de todo, se evidencia una mejora en el movimiento que conduce hacia el occidente, con un NS C y una demora menor a los 20 s/veh, mientras que el movimiento directo hacia el oriente, opera con un NS D. Estas vías tienen la particularidad de no tener un instrumento de control y regulación semafórica, lo que explica parte de su buena operatividad.

El cruce de la **Av. Calle 24 con Av. Carrera 86** es uno de los afectados teniendo en cuenta el propósito del presente estudio, pues el objetivo del mismo, es mejorar la movilidad sobre el corredor de la Avenida La Esperanza donde opera en un NS F hacia el occidente, con una demora superior a los 60 s/veh y densas colas que varían entre los 150 a 200 metros de longitud. El movimiento directo hacia el oriente tiene un NS D con una demora de 29 s/veh y una cola que puede llegar hasta los 90 metros en el evento más crítico. En los resultados arrojados por la modelación, es claro que la operación sobre la Avenida Ciudad de Cali, es estable mediante un NS C, con demoras menores a los 30 s/veh, lo que evidentemente es producto de una fase

semafórica que prioriza el paso de sur a norte y viceversa por ser el corredor de mayor jerarquía, demostrando así que, pese a las densas colas que se generan, de hasta 185 metros, el tiempo en verde es suficiente para evacuar la mayor parte del flujo en detención; igualmente, se cuenta con giros que funcionan en una fase protegida, es decir, con un carril adicional habilitado para estos movimientos, mitigando el impacto sobre la red vial en general.

Los movimientos que derivan hacia la Avenida La Esperanza desde la Diagonal 23K, la Carrera 96K y la Carrera 96H tienen buena operatividad con un NS A, producto de vías de carácter local, que cargan con un volumen vehicular bajo, menor a los 150 veh/hora, con una composición basada en autos y motos principalmente. Finalmente, los giros izquierdos entre la Transversal 95A y la Carrera 96H cuentan con una circulación estable, referente a un NS entre A y C, donde el movimiento que conduce de oriente a occidente se ve más afectado por lo que su giro termina en la intersección semafórica de paso peatonal.

En el Cuadro 29 se encuentran los resultados agregados de la red, los cuales coinciden con los resultados desagregados mostrados anteriormente, pues muestra a nivel general que la red evaluada opera en un nivel de servicio F, con una demora de 68.33 s/veh y una velocidad promedio de 22.34 km/h, cuando se supone que los corredores pertenecientes a la malla vial arterial, deberían de circular con una velocidad superior a 40 km/h. De igual forma, entre los resultados se observa que los vehículos que completaron satisfactoriamente su recorrido, gastaron 1771926 s, con una demora total de 869116 s/veh.

Cuadro 29. Resultados agregados de la red vial actual.

DEMORA PROMEDIO	VELOCIDAD PROMEDIO	TIEMPO DE VIAJE TOTAL	DEMORA TOTAL
<i>s/veh</i>	<i>km/h</i>	<i>s</i>	<i>s/veh</i>
68,33	22,34	1771925,80	869116,40

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia con la modelación del escenario actual la problemática que se presenta sobre la red vial, relacionado directamente con el congestionamiento, donde se hace necesario buscar una solución que contribuya en la mitigación de esta problemática, ya que afecta de manera sustancial la calidad de vida de las personas que residen en el área de influencia y de quienes usan habitualmente estas vías para desplazarse entre sus pares origen – destino.

A continuación, se presentan 3 alternativas que pueden mejorar la operatividad general de la red vial:

11.2 Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado

Entre los factores que afectan la capacidad y los niveles de servicio con los que operan las vías, se encuentra el estado de la capa de rodadura, pues dependiendo del levantamiento de daños y las patologías encontradas (ahuellamientos, piel de cocodrilo, fisuras longitudinales o transversales, baches, ojos de pescado, etc.), se puede ver afectada la velocidad de operación, ocasionando paradas involuntarias que producen mayor congestión; es por esto, que esta alternativa contempla una infraestructura vial en buen estado, la cual fue simulada en el escenario actual, mediante reducciones de velocidad de 20 km/h. En la Figura 87, se puede apreciar una leve mejora en las condiciones de circulación, pues visualmente, la magnitud de las colas ha bajado considerablemente, pero no necesariamente significa que se hayan mejorado las

condiciones de operación, dado a que el cálculo de los niveles de servicio está en función de las demoras.

Figura 87. Modelación 2 - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado en Vissim 8.0.



Figura 87. Elaboración propia en Ptv Vissim.

Como se presenta en el Cuadro 30, los resultados arrojados para este escenario muestran que efectivamente hubo una mejora en las condiciones de operatividad en la red, empero, el 7.4% de la malla vial comprometida, bajo su nivel de servicio tenuemente y apenas el 15% se vio favorecida con la solución propuesta. Entre lo más relevante se puede mencionar que, el movimiento directo hacia el occidente de la intersección de **La Esperanza con Transversal 94**, tuvo una reducción del 84% en su demora, donde se pasó de operar en un NS C a un NS A; sobre el cruce con la **Avenida Ciudad de Cali**, en el mismo movimiento hubo una reducción del 31% en la demora, de manera que la Avenida La Esperanza resulto operando bajo un nivel de servicio

E, es decir, al límite de la capacidad del corredor, con una demora de 43.41 s/veh y una cola de 70 metros, que puede llegar hasta 200 metros. Por último, sobre la intersección de la **Calle 24 con Carrera 97**, el movimiento 9(4) que viene de la Esperanza para tomar la Carrera 97 hacia el norte, tuvo una reducción del 18% en su demora, que conllevó a operar de un NS C a B.

Figura 88. Niveles de servicio - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado.

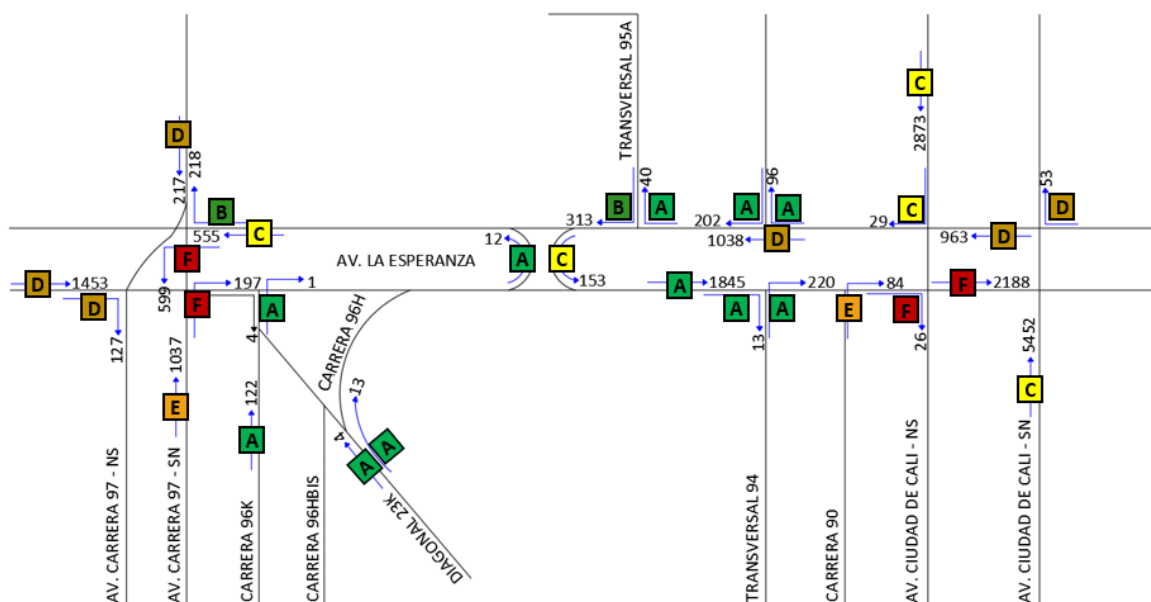


Figura 88. Elaboración propia.

Cuadro 30. Niveles de servicio - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado.

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
KR 97 - KR 97 (MOV 2)	40,89	100,51	967	46,60	E
KR 97 - CL 24 (MOV 9(2))	40,89	100,51	188	51,07	F
KR 97 - KR 97 (MOV 1)	10,28	54,74	221	31,53	D
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	18,92	90,61	500	17,34	C
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	28,16	112,05	1436	28,42	D
CL 24 - KR 97 (MOV 9(3))	28,16	112,05	106	29,38	D
CL 24 - KR 97 (MOV 8)	17,92	81,08	503	52,88	F
CL 24 - KR 97 (MOV 9(4))	18,92	90,61	191	13,22	B
CL 24 - TV 94 (MOV 9(3))	0,83	52,97	4	6,52	A
TV 94 - CL 24 (MOV 9(2))	0,00	0,00	236	3,33	A
CL 24 - TV 94 (MOV 9(4))	0,07	28,47	75	4,81	A
TV 94 - CL 24 (MOV 9(1))	0,00	5,99	218	1,40	A
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	20,18	86,44	1020	29,93	D

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	0,23	32,20	1847	3,14	A
KR 86 - KR 86 (MOV 1)	33,21	172,88	2836	17,77	C
KR 86 - KR 86 (MOV 2)	92,13	185,68	3847	25,60	D
KR 86 - CL 24 (MOV 9(1))	27,74	162,97	52	21,22	C
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	69,56	198,13	2203	43,41	E
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	20,18	86,44	1020	29,93	D
CL 24 - CL 24 (MOV 10(3))	0,08	31,26	12	5,88	A
CL 24 - CL 24 (MOV 10(4))	0,45	48,62	144	21,03	C
KR 96K - CL 24 (MOV 3)	0,00	5,43	131	0,70	A
KR 96K - DG 23K (MOV 9(3))	0,00	0,00	0	0,00	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,00	0,00	1	-0,12	A
CL 24 - KR 96K (MOV 9(1))	0,01	15,05	3	-0,07	A
DG 23K - DG 23K (MOV 4)	0,01	15,32	0	0,00	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,00	0,00	8	0,38	A

Nota. Elaboración propia.

Los resultados agregados de la alternativa propuesta muestran una mejora a nivel general, pues aunque se conserve el NS, la demora promedio tuvo una reducción del 24.29%, la velocidad promedio, un aumento de 14.83%, el tiempo de viaje total, una reducción del 31.54% y un 29% sobre la demora total. A continuación, se presenta el Cuadro 31 donde se asocian los resultados arrojados por el software:

Cuadro 31. Resultados agregados - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado.

DEMORA PROMEDIO	VELOCIDAD PROMEDIO	TIEMPO DE VIAJE TOTAL	DEMORA TOTAL
s/veh	km/h	s	s/veh
51,73	26,23	1013128,63	416912,44

Nota. Elaboración propia.

11.3 Alternativa 2: Modificación de las fases semafóricas

Los dispositivos de control del tránsito tienen por función, la de ordenar y regular de manera intermitente los flujos vehiculares y peatonales en los cruces viales que lo ameriten. Esto se logra mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados (verde, amarillo y

rojo). Teniendo en cuenta la congestión que se presenta en la red, esta alternativa propone modificar los tiempos de las fases semafóricas de forma tal, que se optimicen los tiempos para la operación en sentido oriente – occidente y viceversa. Lo anterior, considerando que el Instituto de Desarrollo Urbano – IDU, se encuentra realizando los estudios y diseños para la construcción de un puente vehicular sobre la Avenida El Ferrocarril, tal como se presenta a continuación:

Figura 89. Intersección a desnivel Av. Ciudad de Cali con Av. El Ferrocarril de occidente.



Figura 89. Instituto de Desarrollo Urbano.

Figura 90. Modificación de las fases semaforicas AC 24 X AK 97 – AC 24 X AK 86.



Figura 90. Elaboración propia en Ptv Vissim.

Como se observa en la Figura 90, sobre la Av. Carrera 97 con Av. Calle 24, se aumentaron 6 segundos al movimiento 1 (Norte – Sur), 7 segundos al movimiento 2 (Sur – Norte), 9 segundos al movimiento 3 (Occidente – Oriente), 4 segundos al movimiento 4 (Oriente – Occidente), mientras que el movimiento 8 (Oriente – Sur), se mantuvo constante. Por otra parte, sobre el

cruce de la Avenida Ciudad de Cali, se optó por aumentar el tiempo en verde de los movimientos 3 y 4 procurando no afectar de manera importante la operatividad de los flujos sobre la Carrera 86; el movimiento 1 y 2 (Norte – Sur y viceversa), opera con 51 segundos en verde, mientras que los movimientos 3 y 4 (Occidente – Oriente y viceversa), con 69 segundos.

Gráficamente se muestra una mejora en la operatividad general de la red, especialmente en las colas remanentes sobre los movimientos directos de la Avenida La Esperanza con Ciudad de Cali, lo que evidencia mayor fluidez y dinámica hacia el occidente y oriente de la ciudad. De igual forma, en el cruce con la Carrera 97, las condiciones de circulación se ven favorecidas con menos colas y tiempos de espera, más aun, considerando las fases compartidas con las que operan los movimientos directos de la intersección.

Figura 91. Modelación 3 - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas en Vissim 8.0.



Figura 91. Elaboración propia en Ptv Vissim.

Como se presenta en el Cuadro 32, los resultados arrojados para este escenario muestran una mejora notable en las condiciones de operatividad en la red, donde el 15% de la malla vial comprometida, bajo su nivel de servicio, especialmente sobre la Avenida Ciudad de Cali con demoras cercanas a los 40 s/veh; mientras que el 26% de la red se vio favorecida con la solución propuesta. Entre lo más relevante se puede mencionar que, en la intersección de la **Av. Calle 24 con Av. Carrera 97** hubo una mejora en el movimiento 2, donde se bajó de un NS F a E y en el movimiento 3, hubo una reducción de 6 s/veh en la demora, lo que conllevó a una operación en un NS C (estable). Sin embargo, el movimiento 8 fue el más afectado, ya que bajo su NS a F al conservar su tiempo en verde y atraer mayor número de vehículos debido a la nueva sincronización semafórica. Sobre el cruce de la **Av. Calle 24 con Av. Carrera 86**, se evidencia una mejora significativa sobre el corredor de la Avenida La Esperanza, pues el movimiento 4 hacia el oriente se encuentra operando con una demora de 16.78 s/veh y una cola entre 10 y 60 metros (NS C); el movimiento 3 hacia el occidente, muestra una demora cercana a los 25 s/veh y una cola media de 32 metros, lo que corresponde a un NS próximo a C, donde hubo una disminución del 59% en la demora. Sin embargo, el cambio de fases semafóricas sobre la Avenida Ciudad de Cali redujo los niveles de servicio a E, con tiempos de espera de hasta 40 s/veh y colas remanentes de hasta 100 metros en ambos sentidos viales. A continuación, se presentan los resultados asociados a este escenario:

Figura 92. Niveles de servicio - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas.

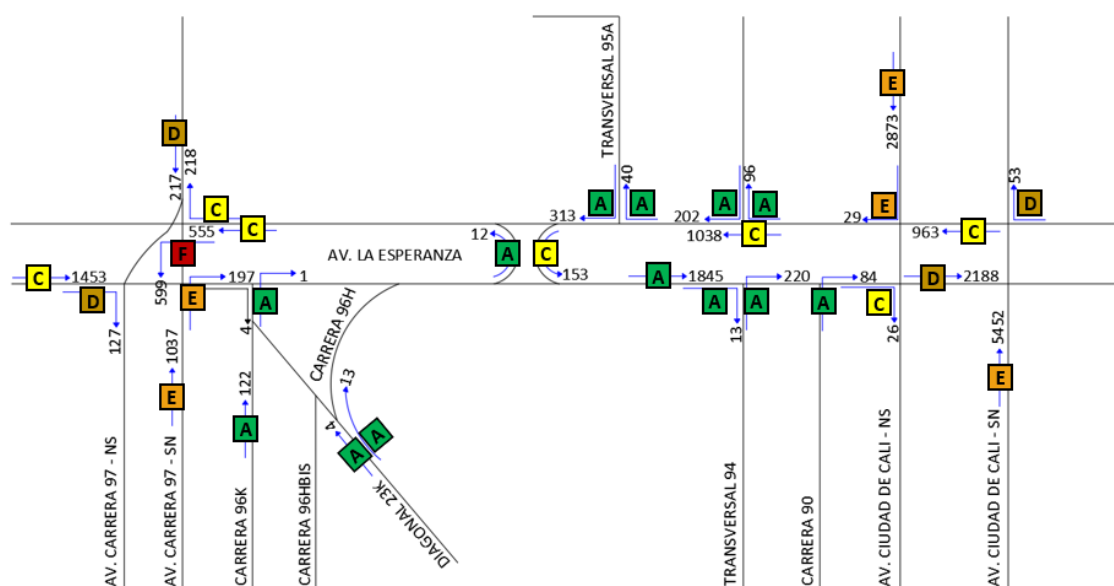


Figura 92. Elaboración propia.

Cuadro 32. Niveles de servicio - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas.

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
KR 97 - KR 97 (MOV 2)	37,57	102,25	972	44,40	E
KR 97 - CL 24 (MOV 9(2))	37,57	102,25	191	46,99	E
KR 97 - KR 97 (MOV 1)	9,33	54,74	221	29,27	D
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	26,74	117,47	504,00	19,05	C
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	23,38	110,68	1439	24,73	C
CL 24 - KR 97 (MOV 9(3))	23,38	110,68	106	25,26	D
CL 24 - KR 97 (MOV 8)	24,12	115,53	506,00	69,94	F
CL 24 - KR 97 (MOV 9(4))	26,74	117,47	194,00	16,12	C
CL 24 - TV 94 (MOV 9(3))	0,99	50,75	7	0,69	A
TV 94 - CL 24 (MOV 9(2))	0,01	8,62	236	4,42	A
CL 24 - TV 94 (MOV 9(4))	0,09	41,20	81	3,27	A
TV 94 - CL 24 (MOV 9(1))	0,00	7,16	219	1,27	A
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	9,89	61,70	1021	16,78	C
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	0,23	27,55	1839	4,39	A
KR 86 - KR 86 (MOV 1)	107,47	331,20	2779	37,38	E
KR 86 - KR 86 (MOV 2)	111,53	185,45	3034	38,23	E
KR 86 - CL 24 (MOV 9(1))	98,30	321,28	51	43,75	E
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	32,61	147,43	2199	25,73	D
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	9,89	61,70	1021	16,78	C
CL 24 - CL 24 (MOV 10(3))	0,03	12,91	12	6,45	A
CL 24 - CL 24 (MOV 10(4))	0,30	32,84	145	18,96	C
KR 96K - CL 24 (MOV 3)	0,00	5,32	131	0,73	A
KR 96K - DG 23K (MOV 9(3))	0,00	0,00	0	0,00	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,00	0,00	1	-0,12	A

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
CL 24 - KR 96K (MOV 9(1))	0,03	20,70	7	0,70	A
DG 23K - DG 23K (MOV 4)	0,03	20,96	0	0,00	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,00	0,00	8	0,37	A

Nota. Elaboración propia.

Los resultados agregados de la alternativa propuesta muestran una mejora notable a nivel general, pues la infraestructura pasó de operar bajo un NS F a E, donde la demora promedio tuvo una reducción del 29.05%, la velocidad promedio, un aumento de 14.83%, el tiempo de viaje total, una reducción del 34.93% y un 42% sobre la demora total. A continuación, se presenta el Cuadro 33 donde se asocian los resultados arrojados por el software:

Cuadro 33. Resultados agregados - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas.

DEMORA PROMEDIO	VELOCIDAD PROMEDIO	TIEMPO DE VIAJE TOTAL	DEMORA TOTAL
s/veh	km/h	s	s/veh
48,48	25,09	1153074,20	506122,1

Nota. Elaboración propia.

11.4 Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración

A partir de los resultados del escenario actual, se concluyó que los movimientos más afectados son el 3 y 4 sobre el cruce de la Avenida Ciudad de Cali y los movimientos 1, 2, 3, 4 y sus giros en la intersección de la Carrera 97. Es por esto, que esta alternativa contempla la construcción de un puente vehicular sobre la Avenida La Esperanza, teniendo en cuenta el crecimiento de la capital, del parque automotor, la futura conexión de la Avenida Longitudinal de Occidente con la Avenida Centenario, y el hecho de que ambos corredores pertenezcan a la malla vial arterial, lo que las hace vías de gran atraktividad al conectar este sector específico con toda Bogotá. Adicionalmente, en la intersección de la Carrera 97 se simularon 2 carriles de

aceleración y desaceleración, uno que conduce el flujo hacia la Carrera 97 al sur desde la Calle 24 y otro sobre la Carrera 97, que conduce el flujo hacia la Calle 24 al occidente; además de esto, para mitigar la afectación sobre el giro izquierdo, se propuso el cambio de sentido sobre la Carrera 99, de una calzada unidireccional a una bidireccional, de esta manera, desviar el volumen vehicular generando un circuito que retorna a la Carrera 97 hacia el sur, como se muestra en la Figura 93. Por lo tanto, considerando que el movimiento 8 ya no se realiza, se modificó el plan semafórico compensando los movimientos directos hacia el occidente y oriente, operando ambas fases con 70 segundos en verde (ver Figura 94).

Figura 93. Cambio de sentido sobre la Carrera 99.



Figura 93. Elaboración propia a partir de Google Street View y Ptv Vissim.

Figura 94. Modificación plan semaforico AC 24 X AK 97.

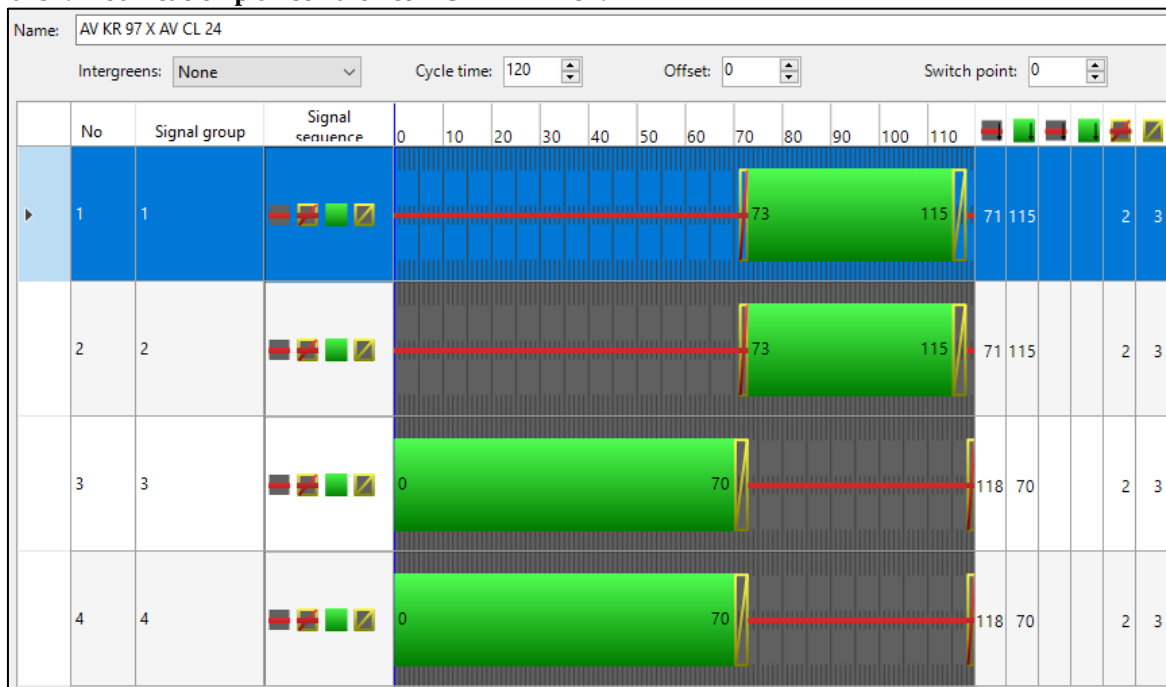


Figura 94. Elaboración propia en Ptv Vissim.

En la Figura 95 se presenta la simulación de la red con alternativa planteada, donde se evidencian mejoras importantes en las condiciones de operación.

Figura 95. Modelación 4 - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración en Vissim 8.0.



Figura 95. Elaboración propia en Ptv Vissim.

Como se presenta en el Cuadro 34, los resultados son bastante favorables respecto a la operatividad general de la red, donde el 52% de la malla vial involucrada mejoro sus niveles de servicio de manera significativa, especialmente por el puente vehicular implantado, dado que permite un flujo libre y continuo entre usuarios en ambas calzadas, al no haber dispositivos de control que regulen las elevadas cargas vehiculares de ambos corredores, operando así con un NS A con una reducción de hasta el 94% en los tiempos de espera. De igual forma, es de notar que sobre la intersección de la Avenida Carrera 97 con Calle 24, las condiciones mejoraron considerablemente, especialmente lo que refiere al giro izquierdo, lo que demuestra la efectividad del circuito propuesto al desviar este flujo vehicular por la Carrera 97 hacia el sur, funcionando con un NS C. Adicionalmente, los giros sobre los carriles de aceleración y

desaceleración simulados conducen el flujo con mayor facilidad, operando con un NS A, que evidencia una reducción cercana al 90% en la demora inducida, esto, teniendo en cuenta que estos movimientos a diferencia del funcionamiento actual, simulan una fase semafórica protegida, lo que permite el paso de vehículos aunque la fase se encuentre en rojo.

Figura 96. Niveles de servicio - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración.

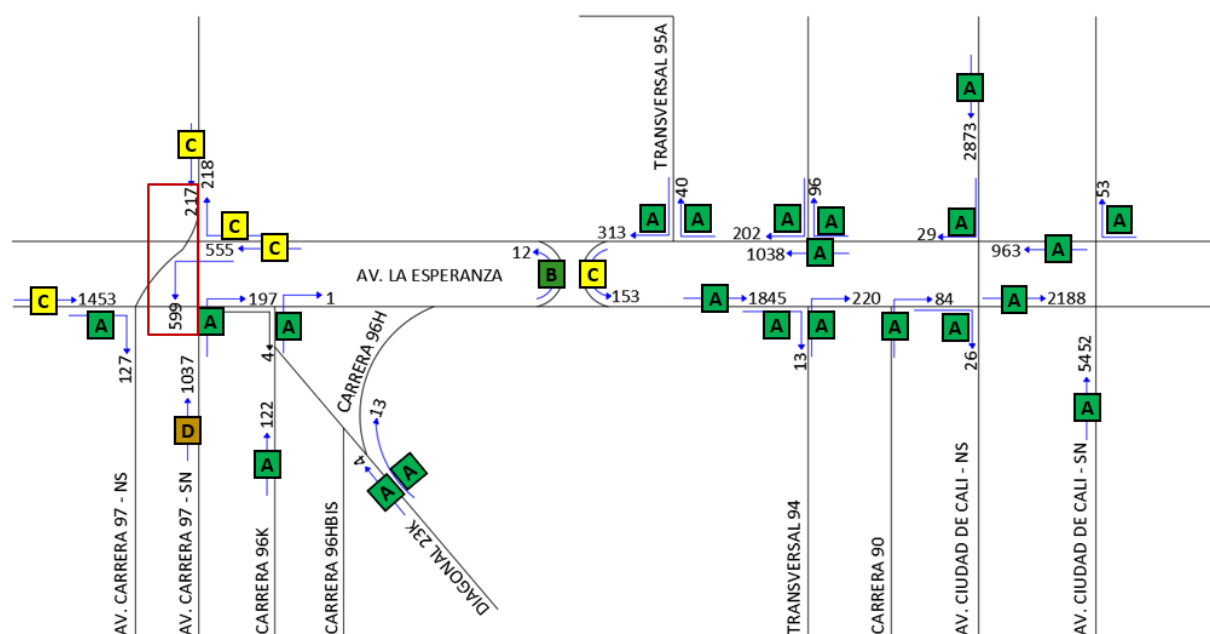


Figura 96. Elaboración propia.

Cuadro 34. Niveles de servicio - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración.

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
KR 97 - KR 97 (MOV 2)	23,51	104,19	999	30,78	D
KR 97 - CL 24 (MOV 9(2))	1,08	37,23	200	6,24	A
KR 97 - KR 97 (MOV 1)	23,79	170,18	711	24,61	C
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	12,37	74,94	1120	17,72	C
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	11,47	77,81	1432	15,83	C
CL 24 - KR 97 (MOV 9(3))	0,01	22,72	105	3,37	A
CL 24 - KR 97 (MOV 8)	6,19	37,47	0	0,00	A
CL 24 - KR 97 (MOV 9(4))	12,37	74,94	229,00	16,37	C
CL 24 - TV 94 (MOV 9(3))	1,43	51,83	9,00	5,13	A
TV 94A - CL 24 (MOV 9(2))	0,00	0,00	237,00	5,96	A
CL 24 - TV 94 (MOV 9(4))	0,01	16,95	45,00	1,93	A
TV 94 - CL 24 (MOV 9(1))	0,00	10,54	221,00	0,85	A

MOVIMIENTO	COLA (m)	COLA MÁX (m)	VOLUMEN (veh)	DEMORA (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	0,01	11,82	1093,00	1,35	A
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	0,24	28,55	1899,00	5,03	A
KR 86 - KR 86 (MOV 1)	4,25	117,63	5118,00	4,25	A
KR 86 - KR 86 (MOV 2)	0,32	31,40	2854,00	1,54	A
KR 86 - CL 24 (MOV 9(1))	0,32	31,40	52,00	4,29	A
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	0,06	22,98	2237,00	4,03	A
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	0,00	0,00	1051,00	0,45	A
CL 24 - CL 24 (MOV 10(3))	0,03	27,38	12,00	10,72	B
CL 24 - CL 24 (MOV 10(4))	0,51	40,11	196,00	23,01	C
KR 96K - CL 24 (MOV 3)	0,00	5,22	131,00	0,85	A
KR 96K - DG 23K (MOV 9(3))	0,00	0,00	0,00	0,00	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,00	0,00	1,00	0,10	A
CL 24 - KR 96K (MOV 9(1))	2,18	58,87	0,00	0,00	A
DG 23K - DG 23K (MOV 4)	2,18	58,87	199,00	2,90	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,87	58,87	1766,00	0,98	A

Nota. Elaboración propia.

Los resultados agregados de la alternativa propuesta muestran una mejora importante a nivel general, pues la infraestructura paso de operar bajo un NS F a C, donde la demora promedio tuvo una reducción del 71%, la velocidad promedio, un aumento de 33.44%, el tiempo de viaje total, una reducción del 24.67% y un 67.95% sobre la demora total. A continuación, se presenta el Cuadro 35 donde se asocian los resultados arrojados por el software:

Cuadro 35. Resultados agregados - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración.

DEMORA PROMEDIO	VELOCIDAD PROMEDIO	TIEMPO DE VIAJE TOTAL	DEMORA TOTAL
s/veh	km/h	s	s/veh
19,93	33,564	1334829.00	278544.92

Nota. Elaboración propia.

Todas las alternativas presentan resultados favorables en cuanto a la mejora en los tiempos de espera en cada intersección evaluada, que son función para determinar los niveles de servicio con los que operan los corredores viales. Como se muestra en el Cuadro 36, la alternativa 3 es la que refleja mejores condiciones de operatividad, donde la mayor parte de sus movimientos operan en

un NS A, con una reducción importante en los tiempos de espera sobre la intersección de la Av. La Esperanza con Av. Ciudad de Cali, entre el 76% y el 100%, donde se evidencia una operación a flujo libre y velocidades superiores a los 40 km/h en ambos corredores viales. Asimismo, la intersección siguiente (AC 24 X TV 94), también se ve beneficiada con esta alternativa, con una reducción entre el 43% y 95% en las demoras localizadas en el escenario actual. Por otra parte, vemos que en la alternativa 2, la misma intersección mejoras considerables en sentido occidente – oriente y viceversa, operando cerca de un NS C; sin embargo, es una opción que baja los niveles de servicio sobre la Avenida Ciudad de Cali, operando cerca al límite de su capacidad con demoras cercanas a los 40 s/veh, lo cual resulta justo y conveniente considerando la construcción del puente vehicular sobre la Avenida El Ferrocarril. Es claro que la alternativa 1 es la de menor impacto en la red, pues la mayoría de movimientos conservan su NS, aun así, se evidencia una mejora notable en el movimiento 9(2) sobre la Transversal 94, con una baja del 91% en el tiempo de espera, además, el movimiento directo hacia el occidente en la Ciudad de Cali presenta una reducción del 31% en la demora, que es significativo teniendo en cuenta que son aproximadamente 20 s/veh.

Por último, se observa a nivel general que los giros izquierdos sobre la Av. La Esperanza conservan sus NS, al igual que las intersecciones que derivan a la Calle 24 desde la Carrera 96K, la Carrera 96H y la Diagonal 23K. El caso de la intersección de la Av. La Esperanza con Carrera 97 es peculiar, pues las 2 primeras alternativas no influyeron significativamente en la mitigación del problema, mientras que la alternativa 3 arroja resultados bastante satisfactorios con la mayoría de movimientos operando entre A y C, que son evidencia de una reducción importante en los tiempos de espera entre el 22% y 100%.

Cuadro 36. Comparación entre alternativas de mitigación.

MOVIMIENTO	DEMORA (seg/veh) - Actual	NS	DEMORA (seg/veh) - BI	NS	DEMORA (seg/veh) - PS1		NS	DEMORA (seg/veh) - Puente		NS	
KR 97 - KR 97 (MOV 2)	47,81	E	46,60	3%	E	44,40	7%	E	30,78	36%	D
KR 97 - CL 24 (MOV 9(2))	50,65	F	51,07	-1%	F	46,99	7%	E	6,24	88%	A
KR 97 - KR 97 (MOV 1)	31,66	D	31,53	0%	D	29,27	8%	D	24,61	22%	C
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	19,65	C	17,34	12%	C	19,05	3%	C	17,72	10%	C
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	30,23	D	28,42	6%	D	24,73	18%	C	15,83	48%	C
CL 24 - KR 97 (MOV 9(3))	30,84	D	29,38	5%	D	25,26	18%	D	3,37	89%	A
CL 24 - KR 97 (MOV 8)	48,13	E	52,88	-10%	F	69,94	-45%	F	0,00	100%	A
CL 24 - KR 97 (MOV 9(4))	16,17	C	13,22	18%	B	16,12	0%	C	16,37	-1%	C
CL 24 - TV 94 (MOV 9(3))	9,01	A	6,52	28%	A	0,69	92%	A	5,13	43%	A
TV 94A - CL 24 (MOV 9(2))	38,53	E	3,33	91%	A	4,42	89%	A	5,96	85%	A
CL 24 - TV 94 (MOV 9(4))	4,34	A	4,81	-11%	A	3,27	25%	A	1,93	56%	A
TV 94 - CL 24 (MOV 9(1))	1,54	A	1,40	9%	A	1,27	17%	A	0,85	45%	A
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	29,91	D	29,93	0%	D	16,78	44%	C	1,35	95%	A
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	19,93	C	3,14	84%	A	4,39	78%	A	5,03	75%	A
KR 86 - KR 86 (MOV 1)	17,60	C	17,77	-1%	C	37,38	-112%	E	4,25	76%	A
KR 86 - KR 86 (MOV 2)	24,81	C	25,60	-3%	D	38,23	-54%	E	1,54	94%	A
KR 86 - CL 24 (MOV 9(2))	22,52	C	21,22	6%	C	43,75	-94%	E	4,29	81%	A
CL 24 - CL 24 (MOV 3)	63,29	F	43,41	31%	E	25,73	59%	D	4,03	94%	A
CL 24 - CL 24 (MOV 4)	29,91	D	29,93	0%	D	16,78	44%	C	0,45	99%	A
CL 24 - CL 24 (MOV 10(3))	5,18	A	5,88	-14%	A	6,45	-25%	A	10,72	-107%	B
CL 24 - CL 24 (MOV 10(4))	21,43	C	21,03	2%	C	18,96	11%	C	23,01	-7%	C
KR 96K - CL 24 (MOV 3)	0,78	A	0,70	10%	A	0,73	6%	A	0,85	-9%	A
KR 96K - DG 23K (MOV 9(3))	0,00	A	0,00	-	A	0,00	-	A	0,00	-	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	-0,12	A	-0,12	0%	A	-0,12	0%	A	-0,10	18%	A
CL 24 - KR 96K (MOV 9(1))	0,48	A	-0,07	114%	A	0,70	-45%	A	0,00	100%	A
DG 23K - DG 23K (MOV 4)	0,00	A	0,00	-	A	0,00	-	A	2,90	-	A
DG 23K - CL 24 (MOV 9(4))	0,37	A	0,38	-1%	A	0,37	2%	A	0,98	-162%	A

Nota. Elaboración propia.

12 Conclusiones y recomendaciones

La micro simulación del escenario actual demuestra que, durante la hora de máxima demanda correspondiente al periodo entre las 6:45 a.m. y las 7:45 a.m., efectivamente se presenta congestión en la red evaluada, especialmente sobre la intersección de la Av. La Esperanza con Av. Ciudad de Cali y la Av. La Esperanza con Av. Carrera 97, con colas remanentes de hasta 200 m y demoras que varían entre 50 s/veh y 70 s/veh, típico de un NS F. Además, los resultados agregados coinciden con los desagregados, donde se evidencia la problemática de la red a nivel general, operando con un NS F, producto de una demora de 68.33 s/veh y una velocidad de 22.34 km/h.

En los resultados en el escenario base, es claro que la operación sobre la Avenida Ciudad de Cali, es estable mediante un NS C, con demoras menores a los 30 s/veh, lo que evidentemente es producto de una fase semafórica que prioriza el paso de sur a norte y viceversa por ser el corredor de mayor jerarquía, demostrando así que, pese a las densas colas que se generan, de hasta 185 metros, el tiempo en verde es suficiente para evacuar la mayor parte del flujo en detención, además de contar con giros que funcionan en una fase protegida, es decir, con un carril adicional habilitado para estos movimientos.

En la modelación actual se evidenció que la problemática base sobre la intersección de la Av. La Esperanza con Av. Carrera 97 es la operación de una fase semafórica que se reparte los 120 segundos del ciclo en 5 movimientos (1, 2, 3, 4 y 8), lo que limita la operatividad de la intersección, pues una vez se da el giro izquierdo, se detiene el flujo en sentido occidente –

oriente, siendo este el corredor que conduce mayor flujo vehicular. Además de esto, los movimientos directos y sus giros se encuentran en una fase semafórica compartida, lo que restringe la velocidad de operación entre ambos movimientos, pues el giro requiere de una velocidad menor a la del movimiento directo.

En los resultados arrojados por el software, los movimientos que derivan hacia la Avenida La Esperanza desde la Diagonal 23K, la Carrera 96K y la Carrera 96H presentan buena operatividad con un NS A, producto de vías de carácter local, que cargan con un volumen vehicular bajo, menor a los 150 veh/hora, y una composición basada en autos y motos principalmente.

El estudio de velocidades realizado evidencia la problemática expuesta, ya que las intersecciones de la Avenida La Esperanza con Carrera 86 y la Avenida La Esperanza Con Carrera 97, en sentido occidente - oriente presentan velocidades de recorrido entre 6 y 10 km/hr, característico de un NS F. Sin embargo, hacia el oriente se presentan velocidades de recorrido por encima de los 16 km/hr, con niveles de servicio entre NS F y NS C.

Al contrastar las alternativas propuestas para la mitigación de la problemática, la Alternativa 3 resulta ser la más eficiente, la cual simula la construcción de un puente vehicular sobre la Avenida La Esperanza con Ciudad de Cali, y la provisión de carriles de aceleración y desaceleración en el cruce de la Avenida Carrera 97, además de esto, incluye el cambio de sentido sobre la Carrera 99 para generar el circuito que elimina el giro izquierdo (movimiento 8). La mejora en esta alternativa es significativa teniendo en cuenta que más del 50% de los corredores mejoraron sus condiciones de funcionamiento, donde no se registraron valores altos

respecto a las colas remanentes y los tiempos de espera, lo cual se evidencia en una operación que paso de un NS F a C.

Los niveles de servicio teóricos y resultantes por el software, varían considerablemente, esto posiblemente se debe, a que la metodología empleada (HCM 2010), es un manual estadounidense que basa su procedimiento bajo condiciones propias de movilidad en este país. De manera que, al aplicar esta metodología en Colombia, el contexto cambia totalmente teniendo en cuenta: El comportamiento de los modos motorizados y no motorizados, la geometría de los corredores, sus secciones transversales, el grado de consolidación del suelo, etc. Además de esto, se presume que una vez se excede la capacidad del corredor en más del 20%, las demoras se elevan excesivamente, por lo que la mayoría de NS teóricos no coincide con los NS arrojados por el programa Ptv Vissim.

Al considerar un crecimiento tan acelerado como el de la ciudad de Bogotá, se hace necesario proyectar vías que estén en capacidad de atender la demanda de manera rápida, segura y cómoda, pues actualmente la Avenida Ciudad de Cali, la Avenida Boyacá y la Avenida 68, son corredores que permiten comunicar la zona sur con la zona norte de la ciudad desde y hacia el área de influencia del proyecto, lo que dificulta cada vez más la movilidad de la ciudad, teniendo en cuenta la operación actual, con colas prolongadas y elevadas demoras; así mismo, el crecimiento del parque automotor, la consolidación de diferentes sectores y la falta de planificación por parte del estado, son factores que agravan esta problemática.

Pese a que la alternativa 3 es la más eficiente para mejorar la movilidad sobre el corredor vial de la Avenida La Esperanza, resulta a su vez, ser la más costosa al considerar la construcción de un puente vehicular sobre la Calle 24 y de los carriles de aceleración y desaceleración en la intersección de la Carrera 97. Por otra parte, la mejora de la infraestructura vial (alternativa 1), implica la gestión de recursos para realizar el levantamiento de daños de manera previa, a través de la metodología PCI, la elaboración del Plan de Manejo de Tránsito y todos los insumos constructivos para su ejecución. En cambio, la alternativa 2 que plantea la modificación de las fases semafóricas, no involucra mayor costo y tiempo al requerir de una nueva sincronización en los tiempos de cada fase. Sin embargo, muy probablemente si se realizara un análisis del costo – beneficio social, en los ahorros en tiempos de la ciudadanía, el valor de la alternativa 3, estaría justificado a través de este beneficio en menores tiempos de desplazamiento, ahorro de combustible, menores emisiones de partículas, etc.

Una de las opciones para mejorar la operatividad general de la red es la instalación de semáforos inteligentes, los cuales utilizan complejos algoritmos con el fin de poder sincronizar los movimientos involucrados, tomando decisiones sobre el control de sus luces, las cuales varían en función de la demanda sobre cada corredor.

El ritmo de crecimiento de la ciudad de Bogotá obliga a que el Distrito tome acciones para la incorporación de nuevos modos de transporte que puedan suplir la demanda actual y proyectada, como es el caso del tren de cercanías al occidente de la ciudad y la primera línea del metro, que conectara el sur y norte de ésta. Por tal motivo, este trabajo permitirá a las entidades competentes evaluar la pertinencia de implementar las alternativas evaluadas.

13 Bibliografía

- ❖ Aguirre, E. S. (31 de Julio de 2018). *Historia de la invención de la rueda*. Obtenido de <https://www.unprofesor.com/ciencias-sociales/historia-de-la-invencion-de-la-rueda-resumen-corto-2580.html>
- ❖ Alaix, V. G. (2007). *Guia de ingenieria de tránsito* . Medellin.
- ❖ Asociación Colombiana de Vehiculos Automotores. (25 de Enero de 2017). *Presentación andemos*. Obtenido de Andemos: <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2017/03/Presentacion-ANDEMOS-Emisiones-01.25.2017-v8.pdf>
- ❖ Bull, A. (2003). *Congestión de Tránsito - El problema y como enfrentarlo*. Santiago de Chile: Cepal.
- ❖ Cardona, A. (10 de Mayo de 2016). Obtenido de Sertrans - servicios de transporte: <http://www.sertrans.es/trasporte-terrestre/el-transporte-terrestre-la-historia-de-la-humanidad/>
- ❖ Correa, J. S. (2017). *Transporte y desarrollo urbano en Colombia: los tranvías de Bogotá y Medellín*. Bogotá D.C.: Cesa.
- ❖ de Bogotá, A. M. Decreto 596 de 2007. Por el cual se señalan las reglas para la exigencia, realización y presentación de estudios de movilidad de desarrollos urbanísticos y arquitectónicos en el Distrito Capital.
- ❖ de Bogotá, C. D. C. (2004). Decreto 190 de 2004.
- ❖ Garcia, I. A. (Noviembre de 1991). Estudios de ingenieria de tránsito para la planeación regional del transporte carretero: Tesis para obtener el grado de Maestro en ciencias con especialidad en ingenieria de transito. Monterrey, N.L.

- ❖ Manual-HCM, H. C. (2010). Transportation research board. National Research.
- ❖ Ministerio de Justicia y del Derecho, Hacienda y Crédito Público, Medio Ambiente y Transporte. (2002). Ley 769 de 2002. Bogotá.
- ❖ Montenegro, R. A. (3 de Marzo de 2015). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/p6gckhw5un8e/la-historia-del-transporte-en-colombia/>
- ❖ Montoya, G. (2005). *Ingenieria de Tránsito*. Bogotá.
- ❖ Spindola, R. C., & Grisales, J. C. (1994). *Ingenieria de tránsito - Fundamentos y aplicaciones* . México, D.F.: Ediciones Alfaomega .

14 Apéndice

14.1 Apéndice A - Aforo - punto 1: Avenida La Esperanza con Avenida Ciudad de Cali.

DÍA		MARTES 13/11/2018																														
UBICACIÓN		AC 24 X AK 86																														
HORA		3														4																
		MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES							
				BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5			BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5			
Inicio	Fin	6:00	6:15	144	235		5		3	4					5	2				35	64				1			1	1			
6:15	6:30	132	223		4		5	2				6	5		1			57	79		1		1			1	3	5	1			
6:30	6:45	141	256		7	6						20	4					104	109				1				4	1				
6:45	7:00	263	294		8	1	2	1	2			23	3	1				97	130		4		2	1		4	2	4				
7:00	7:15	254	269		5	3	1	1		1		10	3	2				126	121		2	1	6		1	2	5	3				
7:15	7:30	240	259		2	1						7	5	1	1			101	97		1			2				3				
7:30	7:45	259	242			1		2		1		13	4	3				112	116		2	2	2	1			10	3				
7:45	8:00	252	280		1	2		1				12	11	4	1			112	138		5	1	2				5	2				
8:00	8:15	169	250		4	5	2					13	4	6	1	1		161	147		4		3			1	4	1				
8:15	8:30	127	271		5	1			1			11	5	3		5		67	128		3		1				10	12		1		
8:30	8:45	100	242		1	1						11	7	1				16	113		3		2				9	2	1	1		
8:45	9:00	79	217			1				1		6	1					41	118		4	1	2				5	3	1			
9:00	9:15	74	238		3		2					8	3					51	136		3	2		1			6	2				
9:15	9:30	83	262		4							23						46	94		2	1					6	12	1			
9:30	9:45	111	247		6							4						37	132		3	2	1				8	2				
9:45	10:00	82	250		2		2	1				16	2	3	1			48	116		3	1			1		10	4				
10:00	10:15	77	230		3	2	1					12	3	5				54	93		4	1	1				3	3				
10:15	10:30	89	187		4	1						4	1	1		1		43	109		3	2		1			4	2	2			
10:30	10:45	56	212				1					3	1	1				52	93		2		3				3	4	1			
10:45	11:00	81	278		1		1					22	2	1				52	88		4						6	6	1			
11:00	11:15	51	168		4		2	1				10	1			2		24	114				1			1	5	2	1			
11:15	11:30	69	182			2	1					1		1				41	121		2		1				2	1				
11:30	11:45	61	206		1		1					5	2	1				29	105		4		3				2		1			

DÍA		MARTES 13/11/2018																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
UBICACIÓN		AC 24 X AK 86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
HORA		3														4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES							MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	BUS PADRON	COLECTIVO			BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Inicio	Fin																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

DÍA		MARTES 13/11/2018																											
UBICACIÓN		AC 24 X AK 86																											
HORA		9(1)														9(3)													
		MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES				
				BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5			BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
Inicio	Fin																												
6:00	6:15	2	1				1								2	1													
6:15	6:30	5	2				2								3	2								1		1			
6:30	6:45	3	2				2	1								3								1		1			
6:45	7:00	7	5				2								3	7													
7:00	7:15		7				1								2	4									2	1			
7:15	7:30	8	3								1																		
7:30	7:45	11	1			1	2								1	3				1					2				
7:45	8:00	5	2				1						1		6	5								3		1			
8:00	8:15	5	2				1						1		9	10								1		2			
8:15	8:30	1					2								3	17								5	2	2	2		
8:30	8:45														2	7									1				
8:45	9:00	5	1				1								1	12		1		1				2					
9:00	9:15	2	7				2								4	10			1										
9:15	9:30	2	4				1						1		1	14								1					
9:30	9:45	3	6				1						1		3	6													
9:45	10:00	2	4				3				2				6	9								1	2	1			
10:00	10:15	2	7				2								1	6								2	1	3			
10:15	10:30	2	5				1				1	5				2										1			
10:30	10:45	4	2				11					1				4		2	1					1	1		1		
10:45	11:00	1	3				1								2	10			1	2				3					
11:00	11:15	4	2				1								2										1	1			
11:15	11:30	6	2				2					2				3		1						5		1			
11:30	11:45	3	2				1								1									3		1			

DÍA		MARTES 13/11/2018																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
UBICACIÓN		AC 24 X AK 86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
HORA		9(1)														9(3)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES							MOTO	AUTO	TPC				BUSES ESCOLARES			CAMIONES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
				BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	BUS PADRON	COLECTIVO			BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Inicio	Fin																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

14.2 Apéndice B - Aforo - punto 2: Avenida La Esperanza con Transversal 94.

DÍA		MARTES 13/11/2018																																															
UBICACIÓN		AC 24 X TV 94																																															
HORA		3														4														9(1)																			
		MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES													
				BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5			>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4			C5	>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5						
Inicio	Fin	6:00	6:15	106	140		3					2	3	7				205	182					7					2	3				9	10					6				1	2				
6:15	6:30	140	126		2		1	1				4	5				192	163					4					4	6		1	1	8	8				5				5	8						
6:30	6:45	170	163		2		2	2				4	10				186	134					6					7	5	2	1		11	9				5				4	6						
6:45	7:00	224	233		2		1	2				3	10	1			129	152					8				3	5	1			14	11			8				4	2								
7:00	7:15	214	225		7		2				3	3	14	3			114	121		2	2	12				3	21			1	19	20				9	1				3								
7:15	7:30	247	204		2					1		11	4	1		102	87		1	1	3				1	11					20	12			4				4										
7:30	7:45	199	209		4		3			1	1	7	3	1		117	99		2	1	9	5		1	5	18	1				22	32			4	8				5									
7:45	8:00	141	149		2		1	2				4	20	2	1	98	114		1		1	1				9	2				15	22				3	2				6								
8:00	8:15	134	215		2		4	1		1	3	22	5		2	110	203		3		9				9	10					10	34				8				3	5								
8:15	8:30	95	249		3		3	2				3	12	2	1	78	141		1		4				15		2				22	28				5				3	1								
8:30	8:45	86	199		4		1					4	14	6		73	205		2		5				13	12	1				16	34				7				7	5								
8:45	9:00	92	219		3		3	2		1	2	14				94	186		1		9				13	16	2		1	10	47		1		10				7	5	2								
9:00	9:15	73	227		6		1	2				6	14			145	167		2	2	7					18	2		2	17	17		1	2	4					7									
9:15	9:30	78	186		6		3			1	6	16	1			92	130		2	3	2				12	2	1			12	22			2	8				1	4			1						
9:30	9:45	95	193		4		1					14	21			104	120		3		7				1	9			2	7	12			3					1										
9:45	10:00	82	210		3		5	1				10	20			70	157		4	1	5				3	11				9	18				5				4	5									
10:00	10:15	74	172		3		3					5	16			78	162		2		7				8	9				20	35				6				5	8									
10:15	10:30	64	184		3		2					4	21			78	162		5		7				12	17	2	1		25	59				6				1	2	1	1	1						
10:30	10:45	62	164		3		3					8	19	1	2	79	167		3		6				6	22	4			18	62				8				14	4	1		1						
10:45	11:00	68	216		2		3					6	15	2	1	79	153		2		5				6	20	5	1		9	47				4				10	2	1								
11:00	11:15	77	238		4		2	2				5	19	1	1	69	189		2		10				11	15	1			24	47				9				3	5	3								
11:15	11:30	70	219				3	1					19	6	2	81	168		2		4				12	5	3		1	18	48				6				5	12	2		1						
11:30	11:45	68	239		1		3			1	2	18	2	2		89	161		4		9				16	13	1			14	67				5				8	10	1								
11:45	12:00	83	242		5		2					1	20	3	1	63	178		2		5				11	16	3	1		23	49				6				5	2	1								

DÍA		MARTES 13/11/2018																																										
UBICACIÓN		AC 24 X TV 94																																										
HORA		3														4														9(1)														
		MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES								
				BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5			>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4			C5	>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	
Inicio	Fin	12:00	12:15	96	220		4		2		1	8	14	3	1	1	72	202				5				10	22		1	1	28	63				5				3	8	2		1
12:15	12:30	73	192		4		3	2		2	7	23	3	2		70	143		2		4				11	16	2		1	34	57				3				5	4			2	
12:30	12:45	92	226		3		3	1		1	7	23	4			77	172				6				7	14	5	1	4	20	40				7				4	6			1	
12:45	13:00	91	217		5		2				10	17	4			95	163		1		3				5	10	3		1	6	41				4				1	4	1		1	
13:00	13:15	83	182		3		2	1			4	20				79	176				3				3	12	2			17	48				5				2	4	1			
13:15	13:30	72	196		2		3	2		2	7	13				89	184		1		2				5	15	1			21	49				3				2	3	1			
13:30	13:45	97	223		2		2	1		2	5	15				87	173				4				4	13				16	43				4				2	4				
13:45	14:00	77	208		3		1	2		2	9	19	4			96	187		1		6				5	16	1	1		23	52				5				3	6	1		1	
14:00	14:15	81	198		1		1	1			9	13	3	1	2	80	199		1		2				11	20	5	1		33	75				7				6	2	2		1	
14:15	14:30	100	229		3		3	3			5	11	3			87	155		1		9				10	11	5	1		39	60				3				3	9				
14:30	14:45	141	199		5		2	5			15	20	3	1		86	178		3		6				6	7	1		1	31	42				5				5	6				
14:45	15:00	97	163		2		3	4	1		7	11	3	3		54	132		1		4				13	12	2	1		11	26				2			1	3				1	
15:00	15:15	79	177		2		1	10			5	12	6	1	1	80	146		3		6	1			10	16	2	1		25	45				5	1			3	4	1			
15:15	15:30	78	188		3		4	6			10	15	2			67	127		2		4				7	12	2		2	21	33				5				13	14	6	2	2	
15:30	15:45	96	200		1		4	1		1	8	13	7	1		93	172		2		5				13	14	6	2	2	17	46				5			1	9	4				
15:45	16:00	110	194		5		3	2		3	6	18	3	1	1	92	122				6			2	9	15			1	22	36	1			5			1		4				
16:00	16:15	79	169		5		2	2			5	19	4	1	1	106	178		2		5	1		5	12	10	7		1	34	62					4	2		1	6	10	1	2	
16:15	16:30	160	170		4		3	3		1	5	17			1	108	194		2		5			4	6	12		1	1	29	54				4			2	9	15				
16:30	16:45	89	205		2			2			1	17	1			139	187		3		7			6		2	1			23	55				3			3	7	11				
16:45	17:00	159	193		4		4	2		2	12	22	1			106	175		1		8			4	6	7				32	52				6			3	8	15				
17:00	17:15	138	223		2		2	6		5	6	9	2		1	104	122		1		7			1	5	13	2		2	36	54				7				5					
17:15	17:30	256	247		5		4	4		4	4	31	1			94	92		1					2	6	8	1	1	2	64	60				10			3	2	10				
17:30	17:45	258	247		5		3	3		2	2	14	3	1	1	72	107		1		2			2	7	11	1	1	1	98	70				7			1		14	2			
17:45	18:00	235	255		5		5	5		1	10	14	2	2		84	90				5	2		2	3	72	2	1		83	60				4			4	1	10			1	

[illegible]

DÍA				MARTES 13/11/2018																																									
UBICACIÓN				AC 24 X AK 97																																									
HORA				1													2													3															
				MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES				MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES				MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES									
						BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5			>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G			C3-C4	C5	>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5				
Início	Fin	12:00	12:15	15	43				1				7	4			20	55					1				2	3				48	117		3	2		1			12	11	1	2	1
		12:15	12:30	17	30				1	1			7	6			24	46								4	3				35	169		5	2		1			6	14	5			
		12:30	12:45	28	35								11	4			23	48								1	6				51	106		4	2	2				10	19	2			
		12:45	13:00	22	41								7	7			31	44		1						4	5				38	131		4	1		2			7	11	3			
		13:00	13:15	12	40					1			4	1	2		22	42								3	7				29	109		4	1		1			2	4	3			
		13:15	13:30	10	7				2					4			18	48				1				2	5	1			33	114		3	2		1			4	4	1			
		13:30	13:45	20	18												19	51								2	4				38	106		3	1				3	4	2				
		13:45	14:00	25	40					5			3	6			20	53				1			5	5				30	104		4	2		2			7	5	3				
		14:00	14:15	12	57					1			1	7			25	79				1			5	7				40	99		2	1	1	3			6	12	3	1			
		14:15	14:30	13	65					4			3	5			30	58					3			5	5				69	134		2	3		4			4	6	4	1	1	
		14:30	14:45	11	38									1	1		20	64				1		3			1	3			59	98		6	3		3			9	16	6			
		14:45	15:00	19	36				1	1			2	3			22	62					1			3	4				39	102		3	3	1	2		1	6	11	3	1		
		15:00	15:15	19	31					4			3	6			23	53								4	5				107	3			1		3			6	10	7			
		15:15	15:30	12	48					2			4	9			24	46				2			4	7	1				42	107		5	1		2			2	13	2		1	
		15:30	15:45	16	30					2			1	5			30	42		1		1	5			5	2	1			42	98		3	2	2				5	2	1			
		15:45	16:00	20	48					1		1	5	8			23	54				4	1		5	8				54	129		7	2		4			12	9	3				
		16:00	16:15	25	27								3	4			21	45				3			3	2				41	109		4	2		5	1		7	14	4	1	1		
		16:15	16:30	34	45					3	1		5	5			27	47				2	1		6	5				53	111		6	2		7	2		12	12	1				
		16:30	16:45	34	37					6	1	1	6	5			23	41				1			3	3				53	118		4			6	1	1	4	12	2				
		16:45	17:00	15	51					2			1	8			27	53				3			3	4				71	136		4	4		5			9	8	1				
		17:00	17:15	31	45								5	12			20	43							3	4				52	134		2	4		5	4	1	2	9	1		1		
		17:15	17:30	21	50				1	1		2	4	5			18	55				1			2	5				135	154		4	5			3		12	12	2				
		17:30	17:45	40	60					1			10	9			42	46							2					148	155		3	2	1			1	6	12	3	1			
		17:45	18:00	45	51		1										42	43				1			3	4	1			133	173		6	4		2		1	7		2				

[illegible]

		MARTES 13/11/2018																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
UBICACION		AC 24 X AK 97																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
HORA		4														9(2)														9(4)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
				BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5			>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4			C5	>C5	BUS PADRON	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Inicio	Fin																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

14.4 Apéndice D - Aforo - punto 4: Retornos Calle 24

DÍA		MARTES 20/11/2018																												
UBICACIÓN		RETORNOS																												
HORA		10(3)													10(4)															
		MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES					MOTO	AUTO	TPC			BUSES ESCOLARES			CAMIONES							
BUS PADRON	COLECTIVO			BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	BUS PADRON			COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5			
Inicio	Fin																													
5:45	6:00		1								1					10	10									1	2			
6:00	6:15	1	2									1				10	14								2	2				
6:15	6:30		1									1				12	16				1	2	3							
6:30	6:45	1	1										1			17	17					1		1		5				
6:45	7:00	1	2													12	29									2				
7:00	7:15	2	2													11	21		2						1	4				
7:15	7:30		3													7	17		1						2	2				
7:30	7:45		1									1				20	16		1						1	4				
7:45	8:00		1													17	16		1							6				
8:00	8:15		2										1	1		14	35								2			1		
8:15	8:30	1	1													11	14		1						1	5				
8:30	8:45															17	29								1	6				

[illegible]

14.7 Apéndice G - Programación automático interno de cada intersección semafórica



SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD
Programación automático interno equipo MR/C800V/C800VK/C900V

ID SIG: 807 DIRECCIÓN: AV FONTIBON (AK 97) X AV LUIS CARLOS GALAN (AC 24)
EQUIPO: MR NÚMERO EXTERNO: 2946

1. ASIGNACIÓN DÍA DE LA SEMANA AL PLAN DIARIO

DÍA DE LA SEMANA	AUTOMÁTICO DE SEMANA
Lunes a Jueves	WD1
Viernes	WD4
Sábado	WD2
Domingo / Festivo	WD3
Festivo con intermitencia	WD5

2. PROGRAMACIÓN DÍAS FESTIVOS

DÍA CALENDARIO	MES	AÑO	AUTOMÁTICO DE SEMANA
19	Marzo	2018	WD3
29	Marzo	2018	WD3
30	Marzo	2018	WD3
1	Mayo	2018	WD3
14	Mayo	2018	WD3
4	Junio	2018	WD3
11	Junio	2018	WD3
2	Julio	2018	WD3
20	Julio	2018	WD3
7	Agosto	2018	WD3
20	Agosto	2018	WD3
15	Octubre	2018	WD3
5	Noviembre	2018	WD3
12	Noviembre	2018	WD3
8	Diciembre	2018	WD3
25	Diciembre	2018	WD3
1	Enero	2019	WD3
7	Enero	2019	WD3

3. GRUPO AUTOMÁTICO: 2059

PLAN DIARIO	HORA	MINUTO	PLAN - STR
WD1	5	00	2
	9	15	3
	16	00	4
	22	00	6
	23	00	7
WD2	23	30	8
	5	00	2
	9	30	3
WD3	12	45	4
	22	00	6
	23	00	7
	23	30	8
	5	00	7
WD4	6	00	6
	7	00	5
	14	00	3
	16	45	4
	18	45	6
WD5	22	00	7
	23	00	8
	5	00	2
	9	30	3
	13	30	4
WD6	21	30	5
	22	30	6
	23	00	8

OBSERVACIONES:
SE MODIFICA AUTOMÁTICO INTERNO POR DÍAS FESTIVOS AÑO 2018 Y ENERO 2019

Elaboró: Ing. Francisco Hernandez
CONT. 2017-587
Fecha: 22/01/2018

Recibió: Central
Fecha: 12-03-18

Revisó: Ing. Sandra Fuentes
CONT. 2017-851
Fecha: 23-02-18

Recibió: Equipo
Fecha: 12-03-18

Aprobó: Ing. Renal Montoya
CONT. 2017-175
Fecha: 09-03-18

Recibió: Operaciones
Nombre: Ricardo Patiño
Fecha: 12-03-2018



SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD
Programación automático interno equipo MR/C800V/C800VK/C900V

ID SIG: 1451 DIRECCIÓN: TV 95A X AV LUIS CARLOS GALAN (AC 24)
EQUIPO: C900V NÚMERO EXTERNO: 2850

1. ASIGNACIÓN DÍA DE LA SEMANA AL PLAN DIARIO

DÍA DE LA SEMANA	AUTOMÁTICO DE SEMANA
Lunes a Jueves	WD1
Viernes	WD4
Sábado	WD2
Domingo / Festivo	WD3
Festivo con intermitencia	WD5

2. PROGRAMACIÓN DÍAS FESTIVOS

DÍA CALENDARIO	MES	AÑO	AUTOMÁTICO DE SEMANA
19	Marzo	2018	WD3
29	Marzo	2018	WD3
30	Marzo	2018	WD3
1	Mayo	2018	WD3
14	Mayo	2018	WD3
4	Junio	2018	WD3
11	Junio	2018	WD3
2	Julio	2018	WD3
20	Julio	2018	WD3
7	Agosto	2018	WD3
20	Agosto	2018	WD3
15	Octubre	2018	WD3
5	Noviembre	2018	WD3
12	Noviembre	2018	WD3
8	Diciembre	2018	WD3
25	Diciembre	2018	WD3
1	Enero	2019	WD3
7	Enero	2019	WD3

3. GRUPO AUTOMÁTICO: 2059

PLAN DIARIO	HORA	MINUTO	PLAN - STR
WD1	5	00	2
	9	15	3
	16	00	4
	22	00	6
	23	00	7
	23	30	8
WD2	6	00	2
	9	30	3
	12	45	4
	22	00	6
	23	00	7
	23	30	8
WD3	5	00	7
	6	00	8
	7	00	5
	14	00	3
	16	45	4
	18	45	6
	22	00	7
	23	00	8
WD4	5	00	2
	9	30	3
	13	30	4
	21	30	6
	22	30	7
	23	00	8

OBSERVACIONES:

SE MODIFICA AUTOMATICO INTERNO POR DIAS FESTIVOS AÑO 2018 Y ENERO 2019

[Firma]
Elaboró: Ing. Francisco Hernandez
CONT. 2017-587
Fecha: 22/01/2018

[Firma]
Recibió: Central
Fecha: 12-03-18

[Firma]
Revisó: Ing. Sandra Fuentes
CONT. 2017-651
Fecha: 23-02-18

[Firma]
Recibió: Equipos
Fecha: 12-03-18

[Firma]
Aprobó: Ing. Ronal Menroy
CONT. 2017-175
Fecha: 09-03-18

[Firma]
Recibió: Operaciones
Nombre: Ricardo Patiño
Fecha: 12-03-2018



SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD
Programación automático interno equipo MR/C800V/C800VK/C900V

ID SIG: 791 DIRECCIÓN: AV CIUDAD DE CALI (AK 86) X AV LUIS CARLOS GALAN (AC 24)
EQUIPO: MR NÚMERO EXTERNO: 2842

1. ASIGNACIÓN DÍA DE LA SEMANA AL PLAN DIARIO

DÍA DE LA SEMANA	AUTOMÁTICO DE SEMANA
Lunes a Jueves	WD1
Viernes	WD4
Sábado	WD2
Domingo / Festivo	WD3
Festivo con intermitencia	WD5

2. PROGRAMACIÓN DÍAS FESTIVOS

DÍA CALENDARIO	MES	AÑO	AUTOMÁTICO DE SEMANA
19	Marzo	2018	WD3
29	Marzo	2018	WD3
30	Marzo	2018	WD3
1	Mayo	2018	WD3
14	Mayo	2018	WD3
4	Junio	2018	WD3
11	Junio	2018	WD3
2	Julio	2018	WD3
20	Julio	2018	WD3
7	Agosto	2018	WD3
20	Agosto	2018	WD3
15	Octubre	2018	WD3
5	Noviembre	2018	WD3
12	Noviembre	2018	WD3
8	Diciembre	2018	WD3
25	Diciembre	2018	WD3
1	Enero	2019	WD3
7	Enero	2019	WD3

3. GRUPO AUTOMÁTICO:

2052

PLAN DIARIO	HORA	MINUTO	PLAN - STR
WD1	5	00	2
	9	15	3
	16	00	4
	23	00	6
	23	59	7
WD2	5	45	2
	9	30	3
	16	00	4
	23	00	6
	23	59	7
WD3	6	00	5
	7	00	5
	14	00	3
	16	45	4
	23	00	6
	23	59	7
WD4	5	00	2
	9	30	3
	16	00	4
	23	00	6
	23	59	7

OBSERVACIONES:

SE MODIFICA AUTOMATICO INTERNO POR DIAS FESTIVOS AÑO 2018 Y ENERO 2019

Elaboró: Ing. Francisco Hernandez
CONT. 2017-587
Fecha: 22/01/2018

Recibó: Ing. Sandra Fuentes
CONT. 2017-851
Fecha: 23-02-18

Aprobó: Ing. Ronald Menrey
CONT. 2017-175
Fecha: 01-03-18

Recibó: Operaciones
Nombre: Ricardo Patiño
Fecha: 12-03-2018

Recibó: Central
Fecha: 12-03-18

Recibó: Equipos
Fecha: 12-03-18

14.8 Apéndice H - Estación maestra Avenida Carrera 86 con Avenida Centenario

PERÍODO	HORA	L	TPC	TPM	ESP	INT	CAM	M	BIC	MIXTOS	EQUIVALENTES
PERÍODO 1	00:00-01:00	1119	70	37	70	20	264	178	8	1766	2265
	00:15-01:15	984	46	26	75	18	246	155	4	1554	2009
	00:30-01:30	902	27	17	87	15	225	161	2	1436	1839
	00:45-01:45	802	15	9	100	15	219	146	3	1309	1703
	01:00-02:00	752	9	1	103	11	242	157	5	1280	1686
	01:15-02:15	716	8	0	97	10	263	127	7	1228	1670
	01:30-02:30	701	9	0	87	9	281	116	8	1211	1675
	01:45-02:45	702	11	0	80	10	296	120	7	1226	1707
	02:00-03:00	751	18	0	74	10	300	107	8	1268	1762
	02:15-03:15	829	31	0	79	13	359	141	9	1461	2046
	02:30-03:30	912	49	1	75	18	394	157	7	1613	2264
	02:45-03:45	1001	75	1	71	27	432	187	7	1801	2525
	03:00-04:00	1147	119	6	76	38	488	243	12	2129	2970
	03:15-04:15	1335	180	12	79	63	498	270	13	2450	3387
	03:30-04:30	1579	285	19	102	102	559	340	19	3005	4168
	03:45-04:45	1839	370	29	166	145	626	398	31	3604	5032
	04:00-05:00	2103	433	31	255	207	735	509	39	4312	6059
	04:15-05:15	2493	519	29	375	243	838	676	92	5265	7286
	04:30-05:30	3073	573	26	475	285	960	1224	198	6814	8864
	04:45-05:45	3893	652	20	514	307	1099	1821	292	8598	10626
	05:00-06:00	4533	727	15	494	342	1160	2363	364	9998	11881
	05:15-06:15	5009	802	14	497	394	1200	2960	397	11273	13024
	05:30-06:30	5193	821	13	484	409	1191	3346	440	11897	13430
	05:45-06:45	5195	860	11	452	456	1168	4063	466	12671	13845
	06:00-07:00	5274	840	10	448	460	1139	4700	491	13362	14135
	06:15-07:15	5432	768	11	393	447	1123	4868	473	13515	14053
	06:30-07:30	5576	752	7	345	455	1177	4779	370	13461	14137
	06:45-07:45	5615	725	8	318	437	1231	4393	279	13006	13949
	07:00-08:00	5671	751	12	292	447	1266	3965	200	12604	13883
	07:15-08:15	5640	757	10	252	435	1306	3766	149	12315	13741
	07:30-08:30	5636	761	13	219	427	1307	3521	128	12012	13542
	07:45-08:45	5844	769	14	201	427	1250	3044	109	11658	13345
	08:00-09:00	5958	739	11	171	421	1214	2645	97	11256	13029
	08:15-09:15	6135	739	15	163	441	1165	2316	97	11071	12952
	08:30-09:30	6320	702	22	141	424	1064	2041	85	10799	12606
	08:45-09:45	6301	673	30	117	409	1035	1936	93	10594	12345
	09:00-10:00	6460	678	34	121	391	1088	1897	100	10769	12609
	09:15-10:15	6434	674	31	104	359	1093	1899	104	10698	12485
	09:30-10:30	6477	671	23	101	356	1266	1913	102	10909	12933

PERÍODO	HORA	L	TPC	TPM	ESP	INT	CAM	M	BIC	MIXTOS	EQUIVALENTES
PERÍODO 2	09:45-10:45	6352	634	14	113	359	1425	1898	90	10885	13132
	10:00-11:00	6160	607	12	103	336	1498	1844	72	10632	12965
	10:15-11:15	6084	598	11	104	360	1657	1835	60	10709	13308
	10:30-11:30	5795	615	11	108	367	1672	1871	61	10500	13130
	10:45-11:45	5778	630	11	112	364	1681	1925	61	10562	13194
	11:00-12:00	5682	630	9	116	380	1674	1972	67	10530	13142
	11:15-12:15	5658	596	9	116	370	1647	1987	70	10453	12971
	11:30-12:30	5741	570	8	112	387	1636	1944	72	10470	12978
	11:45-12:45	5774	573	6	103	383	1584	1894	83	10400	12836
	12:00-13:00	5883	555	6	113	383	1573	1893	89	10495	12903
	12:15-13:15	5868	587	7	134	380	1569	1929	103	10577	13003
	12:30-13:30	5889	592	8	156	357	1548	2049	114	10713	13045
	12:45-13:45	5900	582	9	185	355	1514	2132	116	10793	13049
	13:00-14:00	5887	611	7	186	351	1522	2128	121	10813	13103
	13:15-14:15	5948	597	8	193	348	1480	2092	105	10771	13018
	13:30-14:30	5883	612	8	198	336	1522	2103	111	10773	13081
	13:45-14:45	5957	627	9	196	339	1603	2153	108	10992	13415
	14:00-15:00	6036	637	12	230	322	1677	2240	113	11267	13784
	14:15-15:15	5760	640	11	249	329	1753	2331	122	11195	13802
	14:30-15:30	5715	643	13	306	360	1769	2330	101	11237	13976
	14:45-15:45	5491	613	15	335	382	1804	2312	93	11045	13874
	15:00-16:00	5242	589	14	368	397	1806	2334	78	10828	13683
	15:15-16:15	5425	583	15	399	400	1839	2419	100	11180	14056
	15:30-16:30	5460	583	17	408	378	1831	2521	134	11332	14111
	15:45-16:45	5467	608	17	416	353	1786	2675	185	11507	14115
PERÍODO 3	16:00-17:00	5498	621	24	397	361	1691	2868	265	11725	14047
	16:15-17:15	5551	642	26	371	342	1637	3140	348	12057	14081
	16:30-17:30	5662	638	25	319	347	1587	3562	464	12604	14208
	16:45-17:45	5934	632	25	299	357	1585	3994	571	13397	14690
	17:00-18:00	6190	643	20	284	368	1566	4353	600	14024	15091
	17:15-18:15	5983	612	20	262	363	1475	4377	617	13709	14559
	17:30-18:30	5903	590	18	245	364	1396	4215	585	13316	14111
	17:45-18:45	5701	611	19	230	386	1309	4123	509	12888	13681
	18:00-19:00	5386	624	21	228	386	1250	3810	468	12173	13075
	18:15-19:15	5350	663	21	206	396	1148	3541	390	11715	12680
	18:30-19:30	5201	667	24	182	400	1025	3236	334	11069	12028
	18:45-19:45	5263	630	22	149	379	888	2673	291	10295	11268
	19:00-20:00	5577	599	22	117	346	818	2316	244	10039	11023
	19:15-20:15	5989	584	21	103	338	818	2176	221	10250	11281
	19:30-20:30	6513	578	20	100	320	840	2082	192	10645	11749
	19:45-20:45	6585	577	31	95	306	776	2024	168	10562	11606

PERÍODO	HORA	L	TPC	TPM	ESP	INT	CAM	M	BIC	MIXTOS	EQUIVALENTES
	20:00-21:00	6411	576	34	69	299	675	1968	163	10195	11088
	20:15-21:15	6108	547	45	75	300	574	1849	154	9652	10449
	20:30-21:30	5704	544	50	84	290	463	1806	154	9095	9748
	20:45-21:45	5367	517	40	90	267	456	1820	153	8710	9292
	21:00-22:00	5029	461	34	108	252	446	1783	149	8262	8791
	21:15-22:15	4687	418	19	92	215	418	1762	141	7752	8144
	21:30-22:30	4255	390	11	102	203	415	1707	134	7217	7599
	21:45-22:45	3770	365	11	108	175	391	1545	118	6483	6875
	22:00-23:00	3374	353	12	110	146	375	1339	107	5816	6258
	22:15-23:15	2890	324	13	111	115	370	1053	92	4968	5498
	22:30-23:30	2374	267	14	92	79	317	723	57	3923	4453
	22:45-23:45	1988	211	15	75	55	281	514	42	3181	3676
	23:00-24:00	1642	172	19	55	37	235	400	25	2585	3006

14.9 Apéndice I - Factores de ajuste – HCM 2010.

TABLA 9-5. FACTOR DE AJUSTE POR ANCHURA DE CARRIL										
ANCHURA DE CARRIL m	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50	4,80	
FACTOR DE AJUSTE, f_A	0,87	0,90	0,93	0,97	1,00	1,03	1,07	1,100	Pase a 2 Carriles	

TABLA 9-6. FACTOR DE AJUSTE POR VEHICULOS PESADOS											
PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS, % VP	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30	
FACTOR DE AJUSTE, f_{VP}	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	

TABLA 9-7. FACTOR DE AJUSTE POR INCLINACION DE LA RASANTE							
	BAJADA			A NIVEL	SUBIDA		
Inclinación, %	- 6	- 4	- 2	0	+ 2	+ 4	+ 6
Factor de ajuste, f_i	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97

TABLA 9-8. FACTOR DE AJUSTE POR ESTACIONAMIENTO, f_e						
Nº DE CARRILES EN EL GRUPO	SIN ESTACIONAMEN.	Nº DE MANIOBRAS DE ESTACIONAMIENTO POR HORA, N_m				
		0	10	20	30	40
1	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
2	1,00	0,95	0,92	0,89	0,87	0,85
3	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89

TABLA 9-9. FACTOR DE AJUSTE POR BLOQUEO EN PARADAS DE AUTOBUSES, f_{bb}					
Nº DE CARRILES EN EL GRUPO	NUMERO DE AUTOBUSES QUE PARAN POR HORA, N_B				
	0	10	20	30	40
1	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83
2	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92
3	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94

TABLA 9-10. FACTOR DE AJUSTE POR TIPO DE AREA	
TIPO DE ZONA	FACTOR f_a
CENTRO URBANO	0,90
OTRAS ZONAS	1,00

Nota. Tomado del Highway Capacity Manual 2010.

TABLA 9-11. FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA DERECHA								
CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA DERECHA, f_{MD}						
1	CARRIL MD EXCLUSIVO: FASE PARA MD PROTEGIDO	0,85						
2	CARRIL MD EXCLUSIVO: FASE PARA MD PERMITIDA	$f_{MD} = 0,85 - (pt./2.100); pt. \leq 1.700$ $f_{MD} = 0,05; pt. > 1.700$						
		Nº de peatones conflict. (pt.)	0	50 (Bajo)	100	200 (Mod)	300	400 (Alto)
		Factor	0,85	0,83	0,80	0,75	0,71	0,66
		Nº de peatones conflict. (pt.)	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600
		Factor	0,56	0,47	0,37	0,28	0,18	0,05
3	CARRIL MD EXCLUSIVO: FASES PARA MOVIMIENTO PROTEGIDO Y PERMITIDO	$f_{MD} = 0,85 - (1 - P_{MDA}) (pt./2.100)$ $f_{MD} = 0,05$ (mínimo)						
		Nº de peatones conflict. (pt.)	Prop. de MD que utilizará la fase protegida, P_{MDA}					
			0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		0	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
		50 (Bajo)	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85
		100	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
		200 (Mod)	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85
		300	0,71	0,74	0,76	0,79	0,82	0,85
		400 (Alto)	0,66	0,70	0,74	0,77	0,81	0,85
		600	0,56	0,62	0,68	0,74	0,79	0,85
		800	0,47	0,55	0,62	0,70	0,77	0,85
		1.000	0,37	0,47	0,56	0,66	0,75	0,85
		1.400	0,18	0,32	0,45	0,58	0,72	0,85
		≥ 1.700	0,05	0,20	0,36	0,53	0,69	0,85
4	DOS CARRILES USO EXCLUSIVO MD: FASE PROTEGIDA	$f_{MD} = 1,0 - 0,15 P_{MD}$						
		Prop. de MD en el carril P_{MD}	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		Factor	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
5	CARRIL PARA MD COMPARTIDO: FASE PERMITIDA	$f_{MD} = 1,0 - P_{MD} [0,15 + (pt./2.100)]$ $f_{MD} = 0,05$ (mínimo)						
		Nº de peatones conflict. (pt.)	Prop. de MD en el grupo de carriles, P_{MD}					
			0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
		50 (Bajo)	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83
		100	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80
		200 (Mod)	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		400 (Alto)	1,00	0,93	0,86	0,80	0,73	0,66
		600	1,00	0,91	0,83	0,74	0,65	0,56
		800	1,00	0,89	0,79	0,68	0,58	0,47
		1.000	1,00	0,87	0,75	0,62	0,50	0,37
		1.400	1,00	0,84	0,67	0,51	0,35	0,18
		≥ 1.700	1,00	0,81	0,62	0,42	0,23	0,05

Nota. Tomado del Highway Capacity Manual 2010.

TABLA 9-11. FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA DERECHA
(Continuación)

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA DERECHA, f_{MD}							
		$f_{MD} = 1.0 - P_{MD} [0.15 + (pt./2,100) (1 - P_{MDA})]$ $f_{MD} = 0.05$ (mínimo)							
6	CARRIL PARA MD COMPARTIDO: FASES PROTEGIDA Y PERMITIDA	Prop. de MD que utiliz. fase prote- día P_{MDA}	Nº de peat. Conf. (pt.)	Prop. de MD en el grupo de carriles P_{MD}					
				0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		0,00	Todos	Igual que en el caso 5					
		0,20	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83
			200	1,00	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77
			400	1,00	0,94	0,88	0,82	0,76	0,70
			600	1,00	0,92	0,85	0,77	0,70	0,62
			1.000	1,00	0,89	0,79	0,68	0,58	0,47
			1.400	1,00	0,86	0,73	0,59	0,45	0,32
			≥ 1.700	1,00	0,81	0,62	0,42	0,23	0,20
		0,40	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84
			200	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79
			400	1,00	0,95	0,89	0,84	0,79	0,74
			600	1,00	0,94	0,87	0,81	0,74	0,68
			1.000	1,00	0,91	0,83	0,74	0,65	0,56
			1.400	1,00	0,89	0,78	0,67	0,56	0,45
			≥ 1.700	1,00	0,87	0,75	0,62	0,49	0,36
		0,60	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84
			200	1,00	0,96	0,92	0,89	0,85	0,81
			400	1,00	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77
			600	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,74
			1.000	1,00	0,93	0,86	0,80	0,73	0,66
			1.400	1,00	0,92	0,83	0,75	0,67	0,58
			≥ 1.700	1,00	0,91	0,81	0,72	0,62	0,53
		0,80	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			200	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83
			400	1,00	0,96	0,92	0,89	0,85	0,81
			600	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79
			1.000	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
			1.400	1,00	0,94	0,89	0,83	0,77	0,72
			≥ 1.700	1,00	0,94	0,88	0,81	0,75	0,69
		1,00	Todos	Igual que en el caso 4					

(Continúa)

Nota. Tomado del Highway Capacity Manual 2010.

TABLA 9-11. FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA DERECHA
(Continuación)

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTORES DE GIRO A LA DERECHA f_{MD}					
7	ACCESO UNICARRIL	$f_{MD} = 0,90 - P_{MD} [0,135 + (pt./2.100)]$ $f_{MD} = 0,05$ (mínimo)					
		Nº de peat. conf. (pt.)	Prop. de MD en el carril único P_{MD}				
			0,00	0,20	0,40	0,60	0,80
		0	1,00	0,87	0,85	0,82	0,79
		50 (Bajo)	1,00	0,87	0,84	0,81	0,77
		100	1,00	0,86	0,83	0,79	0,76
		200 (Med)	1,00	0,86	0,81	0,77	0,72
		300	1,00	0,85	0,79	0,74	0,69
		400 (Alto)	1,00	0,84	0,78	0,72	0,65
		600	1,00	0,82	0,74	0,66	0,59
8	DOS CARRILES USO EXCLUSIVO MD: FASE PROTEGIDA	800	1,00	0,80	0,71	0,61	0,52
		1.000	1,00	0,79	0,67	0,56	0,45
		1.200	1,00	0,77	0,64	0,51	0,38
		1.400	1,00	0,75	0,61	0,46	0,31
		≥ 1.700	1,00	0,72	0,55	0,38	0,21
		0,75					

TABLA 9-12. FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA IZQUIERDA

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA IZQUIERDA f_{MI}					
1	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASE PROTEGIDA	0,95					
2	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASE PROTEGIDA	Procedimiento especial; ver Formulario Fig. 9-9					
3	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASES PROTEGIDA Y PERMITIDA	0,95 ^a					
4	CARRIL COMPARTIDO MI: FASE PROTEGIDA	$f_{MI} = 1,0 / (1,0 + 0,05 P_{MI})$					
		Prop. de MI en carril P_{MI}	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80
		Factor	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
5	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASE PERMITIDA	Procedimiento especial; ver Formulario Fig. 9-9					

(Continúa)

Nota. Tomado del Highway Capacity Manual 2010.

TABLA 9-12. FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA IZQUIERDA
(Continuación)

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA IZQUIERDA, f_{MI}						
6	CARRIL COMPARTIDO MI; FASES PROTEGIDA Y COMPARTIDA	$f_{MI} = (1.400 - Q_o) [(1.400 - Q_o) + (235 + 0.435 Q_o) P_{MI}] ; Q_o \leq 1.220 \text{ v/h}$ $f_{MI} = 1 / [1 + 4.525 P_{MI}] ; Q_o > 1.220 \text{ v/h}$						
		Volumen sent. opuesto, Q_o	Prop. de giros a la izquierda, P_{MI}					
			0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
		0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.86
		200	1.00	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78
		400	1.00	0.92	0.85	0.80	0.75	0.70
		600	1.00	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61
		800	1.00	0.83	0.71	0.62	0.55	0.49
		1.000	1.00	0.74	0.58	0.48	0.41	0.36
		1.200	1.00	0.55	0.38	0.29	0.24	0.20
		≥ 1.220	1.00	0.52	0.36	0.27	0.22	0.18
7	ACCESO UNI-CARRIL	Procedimiento especial: ver Formulario Fig. 9-9						
8	DOBLE CARRIL EXCLUSIVO MI; FASE PROTEGIDA	0.92						

^a Este valor es una primera estimación. En este caso se iterará la solución. En muchos casos es aconsejable tratar este caso como fases separadas una protegida y otra permitida.

Nota. Tomado del Highway Capacity Manual 2010.