

Autopista Norte: Diagnóstico y propuesta a problemática de movilidad entre la calle 194
y calle 235.

Informe 2

Presentado por:

Cristhian David Cifuentes Romero

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil

Director

Fernando Rey Valderrama

Ingeniero Civil

Universidad Santo Tomás, Bogotá

División de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Civil

2019

Resumen

El presente corresponde al segundo informe del proyecto “Autopista Norte; Diagnóstico y propuesta a problemática de movilidad entre la calle 194 y calle 235” que tiene como objetivo general establecer una categorización de las principales variables que influyen en la movilidad en el tramo de la autopista norte comprendido entre las calles 235 y 194. Se inicia mostrando un análisis de la información primaria y secundaria obtenida previamente para calcular el porcentaje de vehículos que toman el retorno a la altura de la calle 224. Se muestran las velocidades calculadas para varios tramos en los que se dividió la zona de estudio del proyecto observando su variación. Con la información tomada en campo se realiza el diagnóstico mediante la metodología que propone el HCM 2000 para calcular el nivel de servicio actual de la Autopista Norte, por medio de imágenes tomadas en campo se puede observar la variación del nivel de servicio en ambas calzadas, siendo el nivel de servicio E, el más predominante. Finalmente se desarrollan representaciones gráficas de las observaciones hechas en campo sobre las maniobras que afectan la movilidad en la Autopista Norte. Con la información tomada en campo se realiza una simulación en el software vissim 9 student version para comparar resultados en cuanto al nivel de servicio y ver las causas de la congestión vehicular en la Autopista Norte en el tramo de estudio.

Palabras clave: Nivel de servicio, Autopista Norte, Variación de velocidades, Congestión vehicular, capacidad vial.

Abstract

The present corresponds to the second report of the project " North Highway; Diagnosis and proposal to mobility problems between street 194 and street 235 "which has as its general objective to establish a categorization of the main variables that influence mobility on the stretch of the northern highway between streets 235 and 194. It starts showing an analysis of the primary and

secondary information obtained previously to calculate the percentage of vehicles that take the return to the height of 224th Street. The speeds calculated for several sections in which the study area of the project was divided, observing its variation, are shown. . With the information taken in the field, the diagnosis is made using the methodology proposed by the HCM 2000 to calculate the current service level of the North Highway, by means of images taken in the field we can observe the variation of the service level in both roads, being the level of service E, the most predominant. Finally, graphic representations of the observations made in the field on the maneuvers that affect mobility on the North Highway are developed. With the information taken in the field, a simulation is carried out in the vissim 9 student version software to compare results regarding the level of service and see the causes of vehicular congestion on the North Highway in the study section.

Keywords: Service level, North Highway, Variation of speeds, Traffic congestion, road capacity.

Contenido

Resumen.....	2
Abstract	2
Lista de anexos.....	5
Lista de imágenes.....	5
Lista de tablas	6
Porcentaje de vehículos que toman el retorno en la autopista norte	7
Nivel de servicio	10
Nivel de servicio E:	17
Tiempos de recorrido	19
Análisis tiempos de recorrido Autopista Norte sentido Norte-Sur	19
Velocidades de recorrido en la autopista Norte sentido Norte-Sur	20
Tiempo utilizado por tramo de estudio sentido norte-sur.....	21
Análisis tiempos de recorrido Autopista Norte sentido Sur-Norte	23
Tiempo utilizado para recorrer el tramo de estudio sentido Sur-Norte	25
Representación gráfica de las maniobras realizadas en la autopista norte en ambos sentidos	27
Observaciones de campo	27
Representación modelo virtual del estado de la autopista norte por medio de (vissim 9)	48
¿Qué es vissim 9?	48
Representación del modelo	49
Resultados simulación del modelo	52
Referencias.....	55
Bibliografía	56
Anexos	59

Lista de anexos

Anexo A. Distribución horaria viajes transporte público y gráfica	59
Anexo B. Distribución horaria viajes auto.....	60
Anexo C. Distribución horaria viajes en moto.....	61
Anexo D. Distribución horaria viajes intermunicipales.....	62
Anexo E. Distribución horaria buses especiales	63
Anexo F. Tiempos de viaje tomados en campo Norte-Sur y Sur-Norte	64

Lista de imágenes

Imagen 1 Tasa de crecimiento proyectada Peaje Andes	7
Imagen 2 Distribución de viajes según tipo de vehículo	8
Imagen 3 Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados	11
Imagen 4 Automóviles equivalentes a un camión	12
Imagen 5 Vehículos livianos/h/carril	12
Imagen 6 Velocidad de flujo libre (FFS)	13
Imagen 7 Ajuste por ancho de carril (f_{LW}).....	13
Imagen 8 Ajuste por distancia lateral a la derecha (f_{LC})	13
Imagen 9 Ajuste por número de carriles (f_N)	14
Imagen 10 Ajuste por densidad de intercambiadores (f_{ID})	14
Imagen 11 Curva de velocidad - flujo.....	15
Imagen 12 Curva de velocidad- flujo con el nivel de servicio	15
Imagen 13 Nivel de servicio E.....	17
Imagen 14 Niveles de servicio sentido Sur-Norte	18
Imagen 15 Niveles de servicio sentido Norte-Sur	18
Imagen 16 Variación niveles de servicio sentido Norte-Sur	19
Imagen 17 Tiempos de recorrido sentido Norte-Sur.....	20
Imagen 18 Velocidades sentido Norte-Sur Autopista Norte.....	21
Imagen 19 Velocidades sentido Norte-Sur Tamo de estudio.....	22
Imagen 20 Variación de velocidad en el tramo de estudio sentido Norte-Sur.....	23
Imagen 21 Tiempos de recorrido sentido Sur-Norte.....	24
Imagen 22 Velocidades sentido Sur-Norte Autopista Norte.....	24
Imagen 23 Velocidades sentido Sur-Norte Tamo de estudio.....	25
Imagen 24 Variación de velocidad en el tramo de estudio sentido Sur-Norte.....	27
Imagen 25 Imágenes observación en campo 1	28
Imagen 26 Representación gráfica observación en campo 1	29
Imagen 27 Imágenes observación en campo 2	30
Imagen 28 Representación gráfica observación en campo 2	31
Imagen 29 Imágenes observación en campo 3	32
Imagen 30 Representación gráfica observación en campo 3	33
Imagen 31 Imágenes observación en campo 4	34
Imagen 32 Representación gráfica observación en campo 4	35
Imagen 33 Imágenes observación en campo 5	36
Imagen 34 Representación gráfica observación en campo 5	37

Imagen 35 Imágenes observación en campo 6	38
Imagen 36 Representación gráfica observación en campo 6	39
Imagen 37 Imágenes observación en campo 7	40
Imagen 38 Representación gráfica observación en campo 7	40
Imagen 39 Representación gráfica observación en campo 7	41
Imagen 40 Imágenes observación en campo 8	42
Imagen 41 Representación gráfica observación en campo 8	43
Imagen 42 Representación gráfica observación en campo 8	44
Imagen 43 Imágenes observación en campo 9	45
Imagen 44 Representación gráfica observación en campo 9	46
Imagen 45 Representación gráfica observación en campo 9	47
Imagen 46 Datos de entrada Vissim 9	48
Imagen 47 Tramo crítico 1.....	49
Imagen 48 Tramo crítico 2.....	49
Imagen 49 Imagen ejemplo simulación tramo crítico 1.....	50
Imagen 50 Ruta alimentador Jardines Auto Norte.....	50
Imagen 51 Imagen ejemplo simulación buses alimentadores.....	51
Imagen 52 Ejemplo simulación tramo crítico 1	52
Imagen 53 Ejemplo simulación tramo crítico 2	52
Imagen 54 Zonas de análisis tramo crítico 1	53
Imagen 55 Zonas de análisis tramo crítico 2	54

Lista de tablas

Tabla 1 Porcentaje de circulación horaria Sur-Norte.....	9
Tabla 2 Tráfico vehicular Retorno hora pico	9
Tabla 3 Análisis de tiempos de viaje sentido Norte-Sur.....	20
Tabla 4 Distancias de tramos Autopista Norte	20
Tabla 5 Tiempo utilizado en recorrer puntos críticos sentido Norte-Sur.....	21
Tabla 6 Tiempos y distancias tramo de estudio sentido Norte-Sur	22
Tabla 7 Velocidades tramo de estudio sentido Norte-Sur	22
Tabla 8 Análisis de tiempos de viaje sentido Sur-Norte.....	24
Tabla 9 Tiempo utilizado en recorrer puntos críticos sentido Sur-Norte.....	25
Tabla 10 Tiempos y distancias tramo de estudio sentido Sur-Norte	26
Tabla 11 Velocidades tramo de estudio sentido Sur-Norte	26
Tabla 12 Resultados simulación tramo crítico1.....	53
Tabla 13 Resultados simulación tramo crítico2.....	54

Porcentaje de vehículos que toman el retorno en la autopista norte

Esta información es obtenida a partir del análisis de la información de volumen vehicular del peaje Andes suministrado por ACCENORTE. De esta información se tiene en cuenta la proyección del tráfico vehicular:

Imagen 1

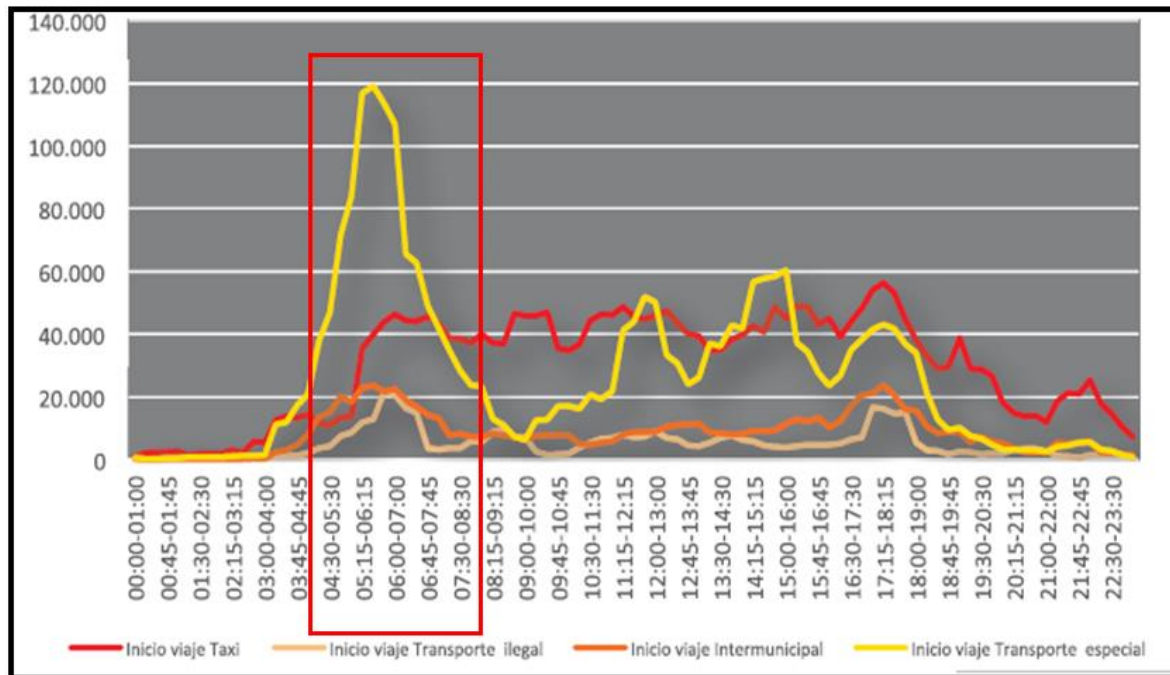
Tasa de crecimiento proyectada Peaje Andes

AÑO	Crecimiento Normal	AÑO	Crecimiento Optimista
2015	4,35%	2015	4,90%
2016	4,18%	2016	4,90%
2017	4,05%	2017	4,90%
2018	3,94%	2018	4,90%
2019	3,84%	2019	4,90%
2020	3,75%	2020	4,90%
2021	3,67%	2021	4,90%
2022	3,62%	2022	4,90%
2023	3,56%	2023	4,90%
2024	3,52%	2024	4,90%
2025	3,48%	2025	4,90%
2026	3,44%	2026	4,90%
2027	3,41%	2027	4,90%
2028	3,38%	2028	4,90%
2029	3,37%	2029	4,90%
2030	3,35%	2030	4,90%
2031	3,35%	2031	4,90%
2032	3,35%	2032	4,90%
2033	3,35%	2033	4,90%
2034	3,35%	2034	4,90%
2035	3,35%	2035	4,90%
Prom.	3,61%	Prom.	4,90%

Nota: Tasa de crecimiento normal para el año 2018 a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto. Recuperado de ACCENORTE. (Febrero de 2016). Volumen de tránsito y transporte. *Volumen de tránsito y transporte ANI promesa de sociedad futura APP.* ANI.

Con base en las gráficas de distribución de transporte obtenida de la secretaria de movilidad distrital:

Imagen 2
Distribución de viajes según tipo de vehículo



Nota: Distribución de viajes de taxi, buses intermunicipales, transporte especial (buses escolares, privados y demás) en el año 2015 en la ciudad de Bogotá. Se puede observar el pico más alto de volumen vehicular entre las 6:00 am y las 8:30 am. Recuperado de Movilidad, S. d. (2017). Movilidad en cifras 2016. Movilidad en cifras 2016. Bogotá D.C., Colombia: Secretaría distrital de movilidad.

Se crea una distribución para las motos, automóviles, buses intermunicipales, y transporte especial. Esto en el rango del horario de la hora pico entre 6:00 am a 8:00 am que es el tiempo en el que se realizó la obtención de información en campo, y que como se observa en la imagen 2 corresponde al pico más alto de distribución vehicular en la ciudad de Bogotá (Movilidad, 2017). Para el año 2018 se tiene en cuenta la tasa de crecimiento de 3,94% (ACCENORTE, www.accenorte.com, 2018).

De estas distribuciones (Ver anexos A, B, C, D, E) se obtuvo la siguiente información:

Tabla 1
Porcentaje de circulación horaria Sur-Norte

Hora	Automóviles	Motos	Buses			Promedio
			Transporte Público	Intermunicipales	Especiales	
6:00-7:00	7,28%	9,30%	7,79%	7,14%	12,26%	8,75%
6:45-7:45	7,30%	7,22%	5,65%	5,92%	5,50%	6,32%

Nota: Porcentaje de circulación vehicular con respecto al total del volumen que circula en el día en la autopista Norte, sentido Sur-Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Dónde el porcentaje de cada columna es la relación del porcentaje de vehículos que pasan en un tiempo determinado en comparación con el total de vehículos que pasan en el día. En cuanto a la columna de buses especiales es la que está compuesta por buses de colegios, jardines infantiles, universidades, empresas privadas y similares.

Como se puede observar en la hora pico llega a circular entre el 6,5% y 9% del total de los vehículos que circulan en la Autopista Norte en el sentido Sur-Norte.

Tomando la información del volumen de tránsito que circula por el peaje Andes y el aforo de volumen vehicular tomado en campo por el estudiante en el sentido Sur-Norte de la Autopista Norte se puede obtener la cantidad de vehículos que toman el retorno.

Tabla 2
Tráfico vehicular Retorno hora pico

Días Agosto	Total Veh	Total Veh peaje Andes	Porcentaje Veh retorno	Veh retorno
Lunes 13	4478	3815	14,81 %	663
Martes 14	4455	3796	14,79 %	659
Miércoles 15	3695	3146	14,86 %	549
Jueves 16	4288	3651	14,86 %	637
Viernes 17	4708	3814	18,99 %	894

Nota: Porcentaje de vehículos que toman el retorno en la Autopista Norte sentido Sur-Norte. Se realiza el cálculo con la diferencia de vehículos aforados en campo contra el volumen vehicular que circula por el peaje Andes. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Restando al total de vehículos (datos tomados en campo) la cantidad de vehículos que pasan por el peaje Andes se puede obtener la cantidad y por consiguiente el porcentaje de vehículos que toman el retorno en el sentido Sur-Norte de la autopista Norte. De este análisis de información se obtiene que el porcentaje de vehículos que toman el retorno es de un 15% y un 19% los viernes.

Los viernes se ve un incremento vehicular en las horas de la mañana, esto se pudo observar en campo durante estos días en específico. Este incremento tiene como causa la periódica migración que se realiza los fines de semana a los pueblos vecinos, que son ya conocidos como pueblos “dormitorio” por las características de turismo y ocio que atraen los fines de semana. El ahorrarse los interminables trancones que se generan los sábados y domingos (SEMANA, 2017) provoca que muchos vehículos viajen el día viernes a sus destinos.

Nivel de servicio

Como se define en el libro Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor, el nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros.

A continuación se desarrolla el cálculo del nivel de servicio con la metodología propuesta por el Highway Capacity Manual que se desarrolla en el capítulo doce del libro “Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor”.

Para esto es necesario tener la siguiente información:

- 6 carriles (3 por sentido) de 3,3 metros de ancho cada uno.
- Obstrucciones a 1,20 metros del borde de la calzada en el acotamiento derecho.
- Terreno plano
- Velocidad flujo libre base de 80 Km/h. (Según ley 1239 de 2008 límite de velocidad para el servicio público, de carga y transporte escolar).

- Volumen horario de máxima demanda de 4708 vehículos mixtos por hora sentido
- Composición vehicular: 7% camiones, 13% autobuses y 80% livianos

Con esta información se prosigue a desarrollar el proceso que propone la metodología HCM 2000.

- Factor de la hora de máxima demanda:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 (Q_{15_{máx}})}$$

$$FHMD = \frac{4708}{4 (1206)}$$

$$FHMD = 0,976$$

- Se presenta un intercambiador cada 1,5 km, es decir cada km hay 0,6 intercambiadores
- Viajeros comunes

Imagen 3

Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

Nota: Dónde f_{HV} = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados, P_T = Porcentaje de camiones en la corriente vehicular=7%, P_B = Porcentaje de autobuses en la corriente vehicular=13%, E_T = Automóviles equivalentes a un camión, E_B = Automóviles equivalentes a un autobús. Fórmula recuperada de Mayor, C. y. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. México D.F.: Alfaomega.

Imagen 4

Automóviles equivalentes a un camión

Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
E_T (trucks and buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

Nota: Automóviles equivalentes a un camión de acuerdo al tipo de terreno, en este caso un terreno plano.
Recuperado de Sciences, N. A. (2000). Highway Capacity Manual: Transportation research board. Highway capacity manual 2000. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

$$E_T = \text{Automóviles equivalentes a un camión.} = 1.5$$

$$E_B = \text{Automóviles equivalentes a un autobús.} = 1.5$$

Reemplazando en la fórmula:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 7(1.5 - 1) + 13(1.5 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.909$$

Imagen 5

Vehículos livianos/h/carril

$$v_p = \frac{V}{(FHMD)(N)(f_{HV})(f_p)}$$

Nota: Ecuación para hallar los vehículos por hora por carril según condiciones de la vía. Donde V=Volumen horario por sentido (vehículos mixtos/h)=4708 vehículos mixtos/h/sentido, FHMD= Factor de la hora de máxima demanda= 0.976, N= Número de carriles por sentido= 3 Carriles por sentido, f_p = Factor de ajuste por tipo de conductores= 1.00 (Viajeros comunes), f_{HV} = Factor por presencia de vehículos pesados= 0.91. Fórmula recuperada de Mayor, C. y. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. México D.F.: Alfaomega.

Reemplazando en la fórmula:

$$v_p = \frac{4708}{(0.98)(3)(0.91)(1)}$$

$$v_p = 1760 \text{ Vehículos livianos/h/carril}$$

Imagen 6

Velocidad de flujo libre (FFS)

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID}$$

Nota: Dónde FFS= Velocidad a flujo libre estimada (km/h), BFFS= Velocidad a flujo libre base=80Km/h, f_{LW} = Ajuste por ancho de carril (Ver imagen 7). Fórmula recuperada de Mayor, C. y. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. México D.F.: Alfaomega.

Imagen 7

Ajuste por ancho de carril (f_{LW})

Lane Width (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LW} (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Nota: Ajuste por ancho de carril. Se observa que para un ancho de 3,3 m de carril se tiene un ajuste (f_{LW}) de 3,1 Km/h. Recuperado de Sciences, N. A. (2000). Highway Capacity Manual: Transportation research board. Highway capacity manual 2000. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

De la imagen 7 se obtiene: $f_{LW} = 3.1 \text{ km/h}$

Imagen 8

Ajuste por distancia lateral a la derecha (f_{LC})

Right-Shoulder Lateral Clearance (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LC} (km/h)			
	Lanes in One Direction			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

Nota: Ajuste por distancia lateral a la derecha. Se observa que para una distancia lateral próxima mayor o igual a 1,2 m se tiene un ajuste por distancia lateral a la derecha (f_{LC}) de 1.3 Km/h para 3 carriles por sentido. Recuperado de Sciences, N. A. (2000). Highway Capacity Manual: Transportation research board. Highway capacity manual 2000. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

De la imagen 8 se obtiene: $f_{LC} = 1.3 \text{ km/h}$

Imagen 9

Ajuste por número de carriles (f_N)

Number of Lanes (One Direction)	Reduction in Free-Flow Speed, f_N (km/h)
≥ 5	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

Nota: Ajuste por número de carriles. Se observa que para un número de carriles por sentido de 3, se obtiene un ajuste por número de carriles (f_N) de 4,8 Km/h. Recuperado de Sciences, N. A. (2000). Highway Capacity Manual: Transportation research board. Highway capacity manual 2000. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

De la imagen 9 se obtiene: $f_N = 4.8 \text{ km/h}$

Imagen 10

Ajuste por densidad de intercambiadores (f_{ID})

Interchanges per Kilometer	Reduction in Free-Flow Speed, f_{ID} (km/h)
≤ 0.3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1

Nota: Ajuste por densidad de intercambiadores. Se observa que al tener 0,6 intercambiadores por kilómetro el ajuste por densidad de intercambiadores (f_{ID}) es de 3,9 Km/h. Recuperado de Sciences, N. A. (2000). Highway Capacity Manual: Transportation research board. Highway capacity manual 2000. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

De la imagen 10 se obtiene: $f_{ID} = 3.9 \text{ km/h}$

Reemplazando en la fórmula:

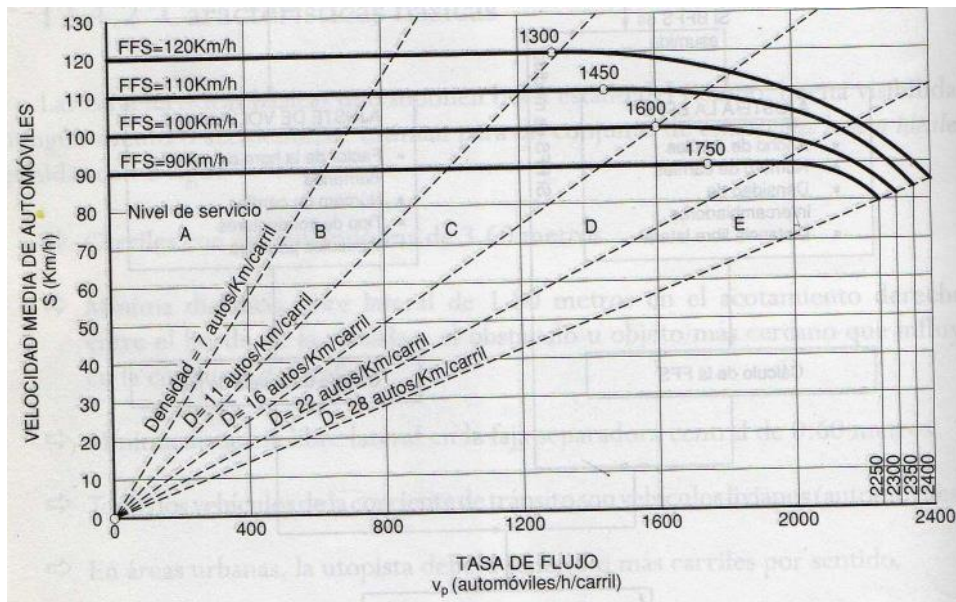
$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID}$$

$$FFS = 80 - 3.1 - 1.3 - 4.8 - 3.9$$

$$FFS = 66.9 \text{ km/h}$$

Imagen 11

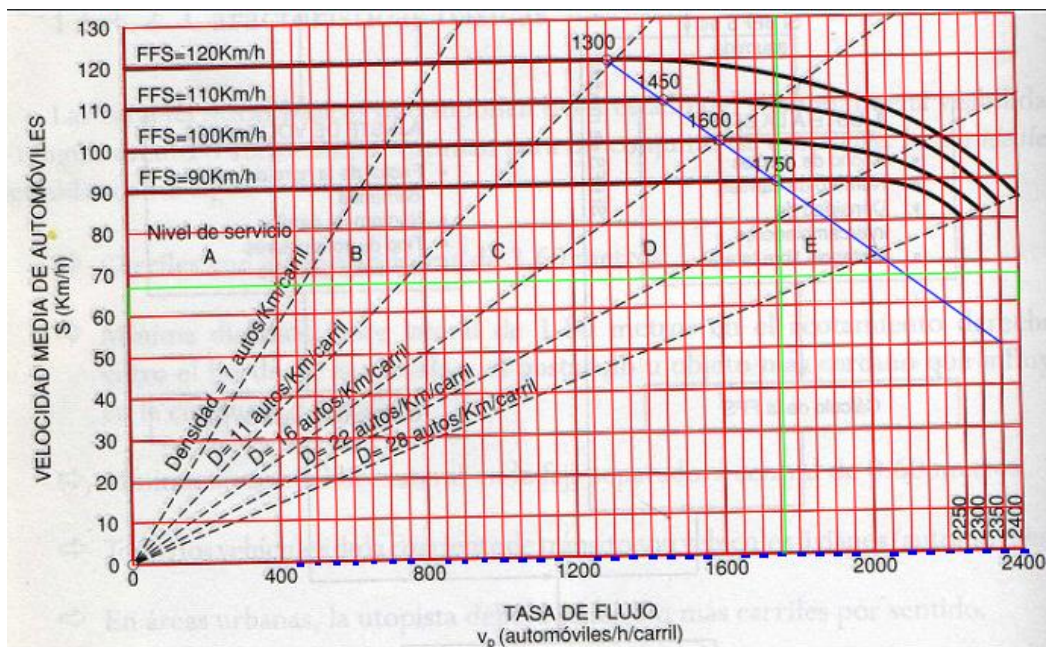
Curva de velocidad - flujo



Nota: Curva de velocidad de flujo para encontrar el nivel de servicio al cual corresponde la vía por sus características propias. Recuperado de Mayor, C. y. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. México D.F.: Alfaomega.

Imagen 12

Curva de velocidad- flujo con el nivel de servicio



Nota: Curva de velocidad-flujo editada para demostrar el nivel de servicio E en el cuál se encuentra la Autopista Norte, específicamente el tramo de estudio del proyecto de grado; entre la calle 235 y la calle 194. Editada a partir de Mayor, C. y. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. México D.F.: Alfaomega.

Se define para las características de esta vía un Nivel de servicio **E**

Densidad (Vehículos livianos/km/carril)

$$D = \frac{V_p}{S}$$

$$D = \frac{1760}{66.9}$$

$$D = 26.30 \approx \mathbf{26} \text{ Vehículos livianos/km/carril}$$

La capacidad representa el flujo de servicio máximo a nivel **E**, para el cual v/c es igual a 1.00. En la gráfica se observa que la capacidad de **E** es de:

$$C = 1885 \text{ vehículos livianos/h/ carril.}$$

Al comparar este valor con el flujo actual, se deduce que para llegar a coparse la capacidad se necesita tener un flujo adicional de:

$$V_{\text{adicional}} = C - V_p$$

$$V_{\text{adicional}} = 1885 - 1760$$

$$V_{\text{adicional}} = 125 \text{ vehículos livianos/h/carril}$$

O lo que es lo mismo, un volumen mixto adicional, en la hora máxima de demanda, de:

$$V_{\text{adicional}} = V_{\text{adicional}} (\text{FHMD}) (f_{\text{HV}})$$

$$V_{\text{adicional}} = 125 (0,98) (0,91)$$

$$V_{\text{adicional}} = 111 \text{ vehículos mixtos/h/carril}$$

Imagen 13
Nivel de servicio E



Nota: Representación fotográfica del estado de una vía en un nivel de servicio E. Recuperado de Mayor, C. y. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. México D.F.: Alfaomega.

Nivel de servicio E:

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos (Mayor, 2007).

A continuación se observa la variación de niveles de servicio por medio de imágenes en la autopista Norte en los dos sentidos de circulación Sur-Norte y Norte-Sur.

Imagen 14

Niveles de servicio sentido Sur-Norte



Nota: Imágenes del estado de la Autopista Norte en relación a la variación del nivel de servicio. Se observa en la imagen de la izquierda un nivel de servicio E y en la imagen de la derecha un nivel de servicio D. Fotografías tomadas en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 15

Niveles de servicio sentido Norte-Sur



Nota: Imágenes del estado de la Autopista Norte en relación a la variación del nivel de servicio. Se observa en la imagen de la izquierda un nivel de servicio D y en la imagen de la derecha un nivel de servicio C. Fotografías tomadas en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 16

Variación niveles de servicio sentido Norte-Sur



Nota: Imágenes del estado de la Autopista Norte en relación a la variación del nivel de servicio. Se observa en la imagen de la izquierda un nivel de servicio A y en la imagen de la derecha un nivel de servicio B. Fotografías tomadas en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

La variación de niveles de servicio durante la hora pico en la autopista Norte se debe a varias causas. Causas que serán analizadas detalladamente en las observaciones y representación gráfica de las mismas más adelante en el presente documento. Se concluye de los niveles de servicio que para la autopista Norte el nivel de servicio E es el más influyente y crítico por lo tanto es el que define el nivel de servicio en la autopista Norte.

Tiempos de recorrido

Análisis tiempos de recorrido Autopista Norte sentido Norte-Sur

De las mediciones de tiempo realizadas sobre el recorrido de la autopista Norte en el tramo de estudio comprendido entre la calle 194 y calle 235 se procede a analizar el tiempo que se necesita para recorrer la autopista en cada sentido. Además se tomaron tiempos de recorridos del total de la Autopista Norte desde la calle 194 hasta La Caro.

Imagen 17

Tiempos de recorrido sentido Norte-Sur

	Autopista Norte		
Sentido	Norte-Sur		
Fecha/Punto	Teletón-La Caro	Calle 192 (Makro)	Tiempo gastado (min)
Miercoles 9 de Mayo	8:33:00 a. m.	8:50:00 a. m.	17
Jueves 10 de Mayo	7:41:00 a. m.	7:53:00 a. m.	12
Viernes 11 de Mayo	8:00:00 a. m.	8:11:00 a. m.	11
Miércoles 16 de Mayo	8:26:00 a. m.	8:43:00 a. m.	17
Jueves 17 de Mayo	7:51:00 a. m.	8:08:00 a. m.	17
Viernes 18 de Mayo	8:05:00 a. m.	8:18:00 a. m.	13
Lunes 21 de Mayo	8:26:00 a. m.	8:39:00 a. m.	13
Miercoles 23 de Mayo	8:20:00 a. m.	8:31:00 a. m.	11
Jueves 24 de Mayo	7:55:00 a. m.	8:07:00 a. m.	12
Viernes 25 de Mayo	8:35:00 a. m.	8:48:00 a. m.	13
Lunes 28 Mayo	8:26:00 a. m.	8:46:00 a. m.	20
Miercoles 30 de Mayo	8:37:00 a. m.	8:51:00 a. m.	14
Viernes 1 de Junio	8:04:00 a. m.	8:32:00 a. m.	28
Miércoles 6 de Junio	8:42:00 a. m.	9:25:00 a. m.	43
Viernes 8 de Junio	8:27:00 a. m.	8:47:00 a. m.	20

Nota: Tiempos de recorrido en la Autopista Norte sentido Norte-Sur. Los tiempos de recorrido aquí mostrados corresponden al tramo comprendido entre La Caro y la calle 192. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 3

Análisis de tiempos de viaje sentido Norte-Sur

Promedio de tiempo gastado en recorrer autopista Norte (min)	17,4
Tiempo máximo que se puede tardar en recorrer la autopista Norte (min)	43
Tiempo mínimo que se puede tardar en recorrer la autopista Norte (min)	11

Nota: Resultado análisis de tiempos de viaje del recorrido de la Autopista Norte en el tramo comprendido entre La Caro y la calle 192. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Velocidades de recorrido en la autopista Norte sentido Norte-Sur

Tabla 4

Distancias de tramos Autopista Norte

Longitud Autopista Norte (Km)	9,4
Longitud Tramo de estudio (Km)	4,3

Nota: La longitud de la autopista Norte es el tramo comprendido entre La Caro y la calle 192, el tramo de estudio es el comprendido entre la calle 235 y la calle 192. Estas distancias fueron tomadas a partir de mapas Bogotá (www.mapasbogotá.com).Cifuentes Romero C.D. (2018).

Imagen 18

Velocidades sentido Norte-Sur Autopista Norte

Velocidad (Km/h)	$V = \frac{D}{T}$	D (km)	9,40
		T _{promedio} (hora)	0,29
		T _{máximo} (hora)	0,72
		T _{mínimo} (hora)	0,18
Velocidades en recorrer autopista Norte			
		V _{promedio} (Km/h)	32,41
		V _{mín} (Km/h)	13,12
		V _{máx} (Km/h)	51,27

Nota: Velocidades utilizadas para recorrer el tramo de la autopista Norte comprendido entre La Caro y la calle 192 en la ciudad de Bogotá, estas velocidades fueron el resultado del cálculo con la información de la distancia obtenida de mapas Bogotá y los tiempos tomados en campo del recorrido de estos tramos. Distancia tomada a partir de mapas Bogotá (www.mapasbogotá.com). Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tiempo utilizado por tramo de estudio sentido norte-sur

Con la toma de tiempos tomada en campo (Ver anexo F) y los puntos críticos en el sentido Norte-Sur se calcula el tiempo que se necesita para recorrer los tramos de los puntos críticos y por lo tanto también el recorrido del tramo de estudio.

Tabla 5

Tiempo utilizado en recorrer puntos críticos sentido Norte-Sur

Tiempos	Calle 235- calle 222 (min)	Calle 222- Calle 215 (min)	Calle 215- Calle 209 (min)	Calle 209- Calle 194 (min)	Total recorrido (min)
T promedio	2	2	2	4	9
T máximo	4	5	5	8	22
T mínimo	1	1	1	2	5

Nota: Tiempo utilizado en minutos para recorrer cada punto crítico de la Autopista Norte sentido Norte-Sur. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tomando las distancias entre los puntos críticos que componen el tramo de estudio se pueden calcular las velocidades y sus variaciones entre los puntos críticos:

Imagen 19

Velocidades sentido Norte-Sur Tamo de estudio

Velocidad (Km/h)	$V = \frac{D}{T}$	D (km)	4,30
		T _{promedio} (hora)	0,16
		T _{máximo} (hora)	0,37
		T _{mínimo} (hora)	0,08
	Velocidades en recorrer tramo de estudio		
	V _{promedio} (Km/h)		27,45
	V _{mín} (Km/h)		11,73
	V _{máx} (Km/h)		51,60

Nota: Velocidades utilizadas para recorrer el tramo de estudio comprendido entre la calle 235 y la calle 192 en la ciudad de Bogotá, estas velocidades fueron el resultado del cálculo con la información de la distancia obtenida de mapas Bogotá y los tiempos tomados en campo del recorrido de estos tramos. Distancia tomada a partir de mapas Bogotá (www.mapasbogotá.com). Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 6

Tiempos y distancias tramo de estudio sentido Norte-Sur

Punto	Calles	Distancia (Km)	T _{promedio} (Hora)	T _{máximo} (Hora)	T _{mínimo} (Hora)
1	235-222	1,36	0,036	0,067	0,017
2	222-215	0,64	0,028	0,083	0,017
3	215-209	0,9	0,031	0,083	0,017
4	209-194	1,3	0,062	0,133	0,033

Nota: Tiempos y distancias entre puntos críticos del tramo de estudio (comprendido entre las calles 235 y 194) de la autopista Norte. Tiempos tomados en campo. Con distancias tomadas a partir de mapas Bogotá (www.mapasbogotá.com). Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 7

Velocidades tramo de estudio sentido Norte-Sur

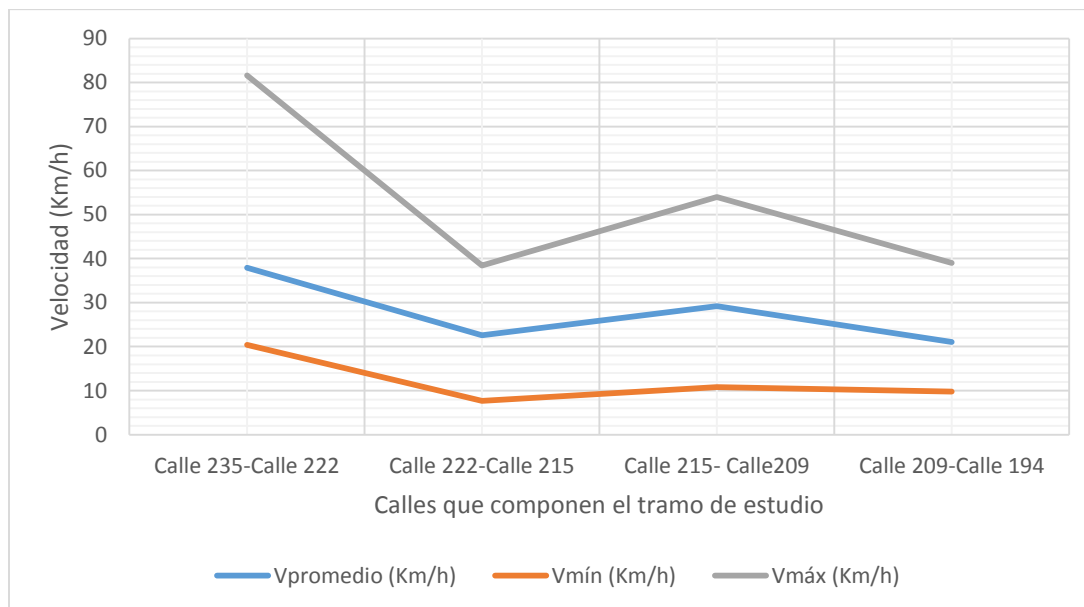
Punto	Calles	V _{promedio} (Km/h)	V _{mínima} (Km/h)	V _{máxima} (Km/h)
1	235-222	38	20	82
2	222-215	23	8	38
3	215-209	29	11	54
4	209-194	21	10	39

Nota: Velocidades entre puntos críticos del tramo de estudio (comprendido entre las calles 235 y 194) de la autopista Norte. Tiempos tomados en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

La variación de las velocidades entre los puntos críticos que componen el tramo de estudio se pueden ver en la imagen 8, donde se puede observar que el tramo al que más baja velocidad se circula es el comprendido entre los puntos de la calle 209 (Escuela de Ingeniería) y la calle 194 (Makro), donde se necesita más de la mitad del tiempo total que se necesita para recorrer todo el tramo de estudio.

Imagen 20

Variación de velocidad en el tramo de estudio sentido Norte-Sur



Nota: Variación de Velocidades entre puntos críticos del tramo de estudio (comprendido entre las calles 235 y 194) de la autopista Norte. Tiempos tomados en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Análisis tiempos de recorrido Autopista Norte sentido Sur-Norte

De la toma de tiempos del recorrido de la autopista Norte se procede a analizar el tiempo necesario para circular por la autopista en cada sentido.

Esto en base a los datos tomados en campo. Se debe tener en cuenta que para este estudio solo se utilizaron datos de dos días por cuestiones de dificultades para tomar datos en ese sentido precisamente en la hora pico de estudio.

Imagen 21

Tiempos de recorrido sentido Sur-Norte

Sentido	Sur-Norte		
Fecha/Punto	Calle 192 (Makro)	Teletón	Tiempo gastado (min)
Martes 8 de Mayo	2:31:00 p. m.	2:39:00 p. m.	8
Jueves 10 de Mayo	11:12:00 a. m.	11:27:00 a. m.	15

Nota: Tiempos de recorrido en la Autopista Norte sentido Sur-Norte. Los tiempos de recorrido aquí mostrados corresponden al tramo comprendido entre La Caro y la calle 192. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 8

Análisis de tiempos de viaje sentido Sur-Norte

Promedio de tiempo gastado en recorrer autopista Norte (min)	12
Tiempo máximo que se puede tardar en recorrer la autopista Norte (min)	15
Tiempo mínimo que se puede tardar en recorrer la autopista Norte (min)	8

Nota: Resultado análisis de tiempos de viaje del recorrido de la Autopista Norte en el tramo comprendido entre La Caro y la calle 192. Cifuentes Romero C.D. (2018).

Imagen 22

Velocidades sentido Sur-Norte Autopista Norte

Velocidad (Km/h)	$V = \frac{D}{T}$	D (km)	9,40
		T _{promedio} (hora)	0,20
		T _{máximo} (hora)	0,25
		T _{mínimo} (hora)	0,13
		Velocidades en recorrer autopista Norte	
		V _{promedio} (Km/h)	47
		V _{mín} (Km/h)	38
		V _{máx} (Km/h)	71

Nota: Velocidades utilizadas para recorrer el tramo de la autopista Norte comprendido entre La Caro y la calle 192 en la ciudad de Bogotá, estas velocidades fueron el resultado del cálculo con la información de las distancias [Tabla 4] obtenida de mapas Bogotá y los tiempos tomados en campo del recorrido de estos tramos. Distancia tomada a partir de mapas Bogotá (www.mapasbogotá.com). Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tiempo utilizado para recorrer el tramo de estudio sentido Sur-Norte

Con los tiempos de recorrido obtenidos en campo (Ver anexo F) y los puntos críticos en el sentido Sur-Norte se calcula el tiempo que se necesita para recorrer los tramos de los puntos críticos y por lo tanto también el recorrido del tramo de estudio.

Tabla 9

Tiempo utilizado en recorrer puntos críticos sentido Sur-Norte

Tiempos	Calle 192- calle 201 (min)	Calle 201- Calle 224 (min)	Calle 224- Calle 234 (min)	Total recorrido (min)
T promedio	2	2	1	5
T máximo	3	3	2	8
T mínimo	1	1	1	3

Nota: Tiempo utilizado en minutos para recorrer cada punto crítico de la Autopista Norte sentido Sur-Norte.
Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tomando las distancias entre los puntos críticos que componen el tramo de estudio (entre calle 245 y calle 194) se pueden calcular las velocidades y sus variaciones entre los puntos críticos:

Imagen 23

Velocidades sentido Sur-Norte Tamo de estudio

Velocidad (Km/h)	$V = \frac{D}{T}$	D (km)	4,30
		T_{promedio} (hora)	0,08
		T_{máximo} (hora)	0,13
		T_{mínimo} (hora)	0,05
		Velocidades en recorrer tramo de estudio	
		V_{promedio} (Km/h)	51,60
		V_{mín} (Km/h)	32,25
		V_{máx} (Km/h)	86,00

Nota: Velocidades utilizadas para recorred el tramo de estudio comprendido entre la calle 235 y la calle 192 en la ciudad de Bogotá, estas velocidades fueron el resultado del cálculo con la información de la distancia obtenida de mapas Bogotá y los tiempos tomados en campo del recorrido de estos tramos. Distancia tomada a partir de mapas Bogotá (www.mapasbogotá.com).Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 10

Tiempos y distancias tramo de estudio sentido Sur-Norte

Punto	Calles	Distancia (Km)	T _{promedio} (Hora)	T _{máximo} (Hora)	T _{mínimo} (Hora)
1	192-201	0,99	0,030	0,050	0,017
2	201-224	2,43	0,033	0,050	0,017
3	224-234	0,88	0,020	0,033	0,017

Nota: Tiempos y distancias entre puntos críticos del tramo de estudio (comprendido entre las calles 235 y 194) de la autopista Norte. Tiempos tomados en campo. Con distancias tomadas a partir de mapas Bogotá (www.mapasbogotá.com). Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 11

Velocidades tramo de estudio sentido Sur-Norte

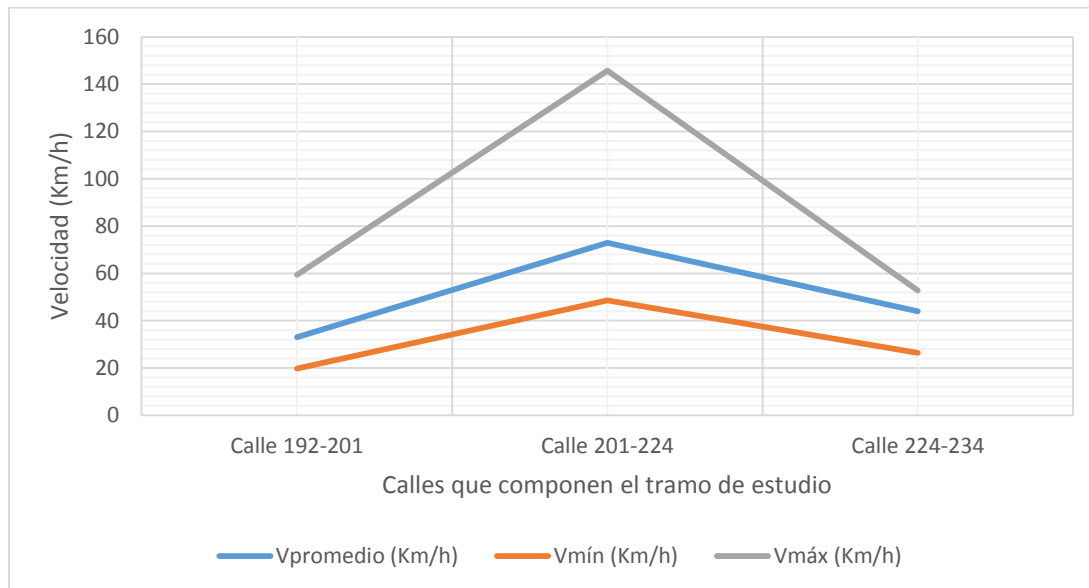
Punto	Calles	V _{promedio} (Km/h)	V _{mínima} (Km/h)	V _{máxima} (Km/h)
1	192-201	33	20	59
2	201-224	73	49	146
3	224-234	44	26	53

Nota: Velocidades entre puntos críticos del tramo de estudio (comprendido entre las calles 235 y 194) de la autopista Norte. Tiempos tomados en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

La variación de las velocidades entre los puntos críticos que componen el tramo de estudio se representan en la imagen 9, donde se puede observar que el tramo al que más baja velocidad se circula es el comprendido entre los puntos de la calle 201 (Makro) y la calle 224 (Parque de eventos de la 224), donde se necesita casi la mitad del tiempo del total que se necesita para recorrer todo el tramo de estudio.

Imagen 24

Variación de velocidad en el tramo de estudio sentido Sur-Norte



Nota: Variación de Velocidades entre puntos críticos del tramo de estudio (comprendido entre las calles 235 y 194) de la autopista Norte. Tiempos tomados en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Representación gráfica de las maniobras realizadas en la autopista norte en ambos sentidos

Observaciones de campo

- 1- Los buses alimentadores en el sentido Sur-Norte (Calzada oriental autopista Norte) se cruzan la autopista desde el paradero del costado oriental hasta llegar al retorno en el costado occidental de la calzada, generando congestión vehicular tras dicho recorrido, los buses intermunicipales también realizan maniobras similares para dejar a los pasajeros.

Imagen 25

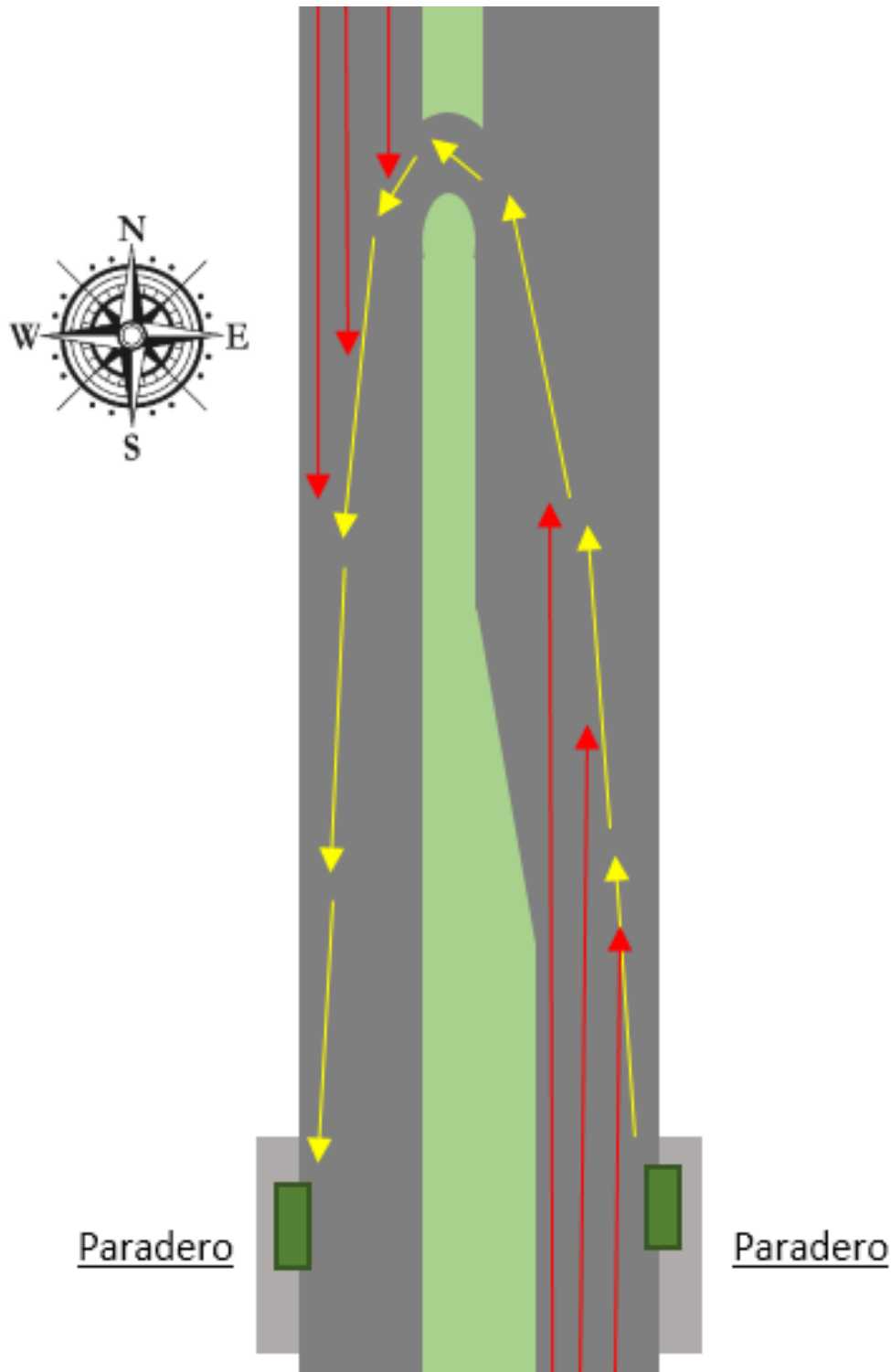
Imágenes observación en campo 1



Nota: Fotografías tomadas en campo donde se demuestra el cruce a lo ancho de la calzada de buses intermunicipales. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 26

Representación gráfica observación en campo 1



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 1, dónde se observa el cruce de buses alimentadores a lo ancho de las calzadas de la Autopista Norte por la ubicación de sus paraderos y la toma del retorno. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 2- La falta de bahías de acceso a los paraderos, hace que los buses intermunicipales, buses SIPT y alimentadores, produzcan una larga fila en dichos paraderos, creando una reducción temporal de la calzada de tres a dos carriles.

Imagen 27

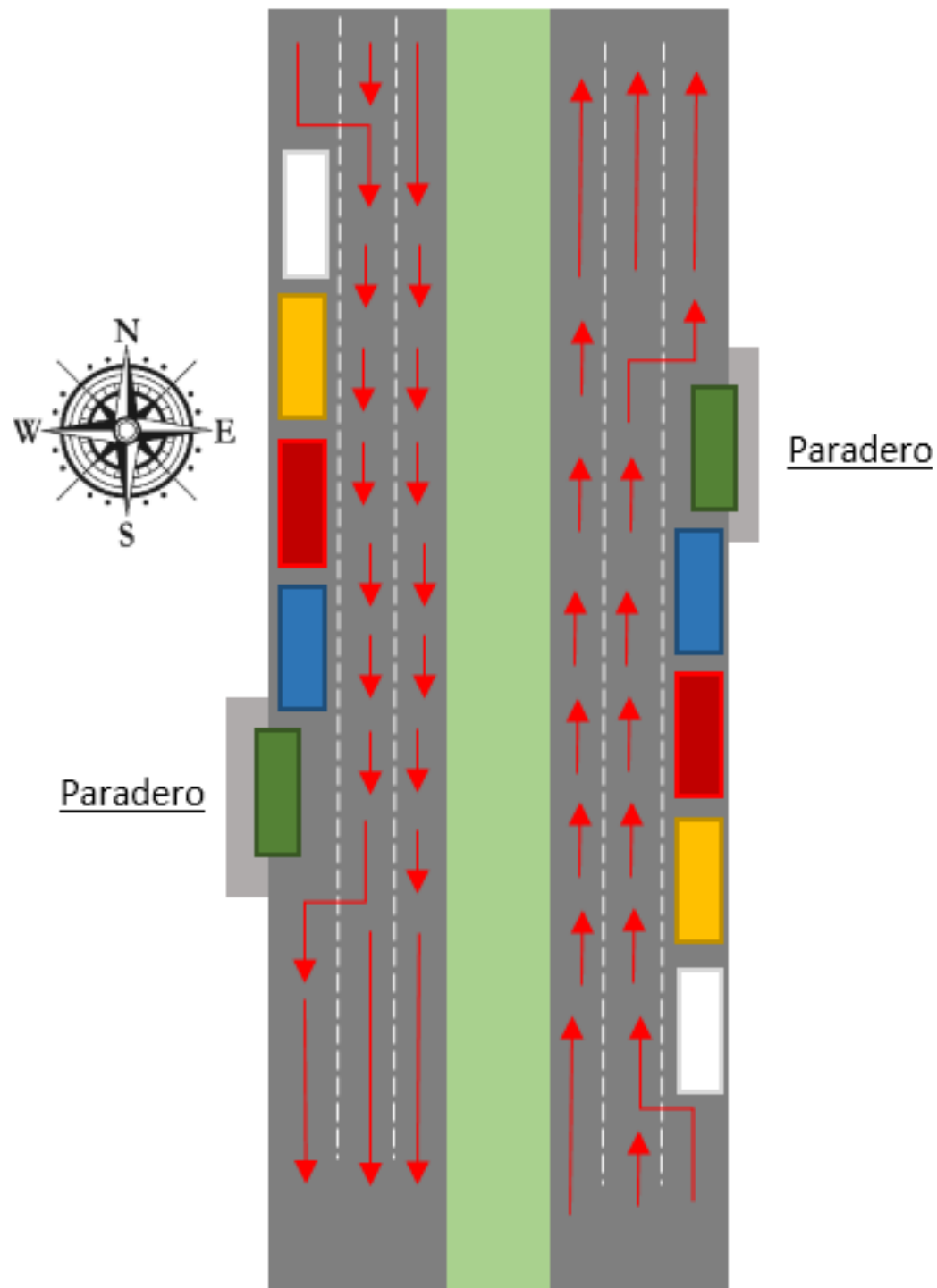
Imágenes observación en campo 2



Nota: Fotografías tomadas en campo de la cola de buses que se crea por la falta de bahías de espera reduciendo la calzada a dos carriles. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 28

Representación gráfica observación en campo 2



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 2, dónde se observa la cola de buses que se crea por la falta de bahías de espera reduciendo la calzada a dos carriles. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 3- Vehículos de más de 2 ejes, en el sentido Norte-Sur (Calzada occidental autopista Norte) generan oleadas de tráfico tras el paso de los mismos, por el hecho de circular en hora pico y a una velocidad más lenta que los vehículos más livianos, generando por cada vehículo pesado una pequeña oleada de tráfico tras el paso de este.

Imagen 29

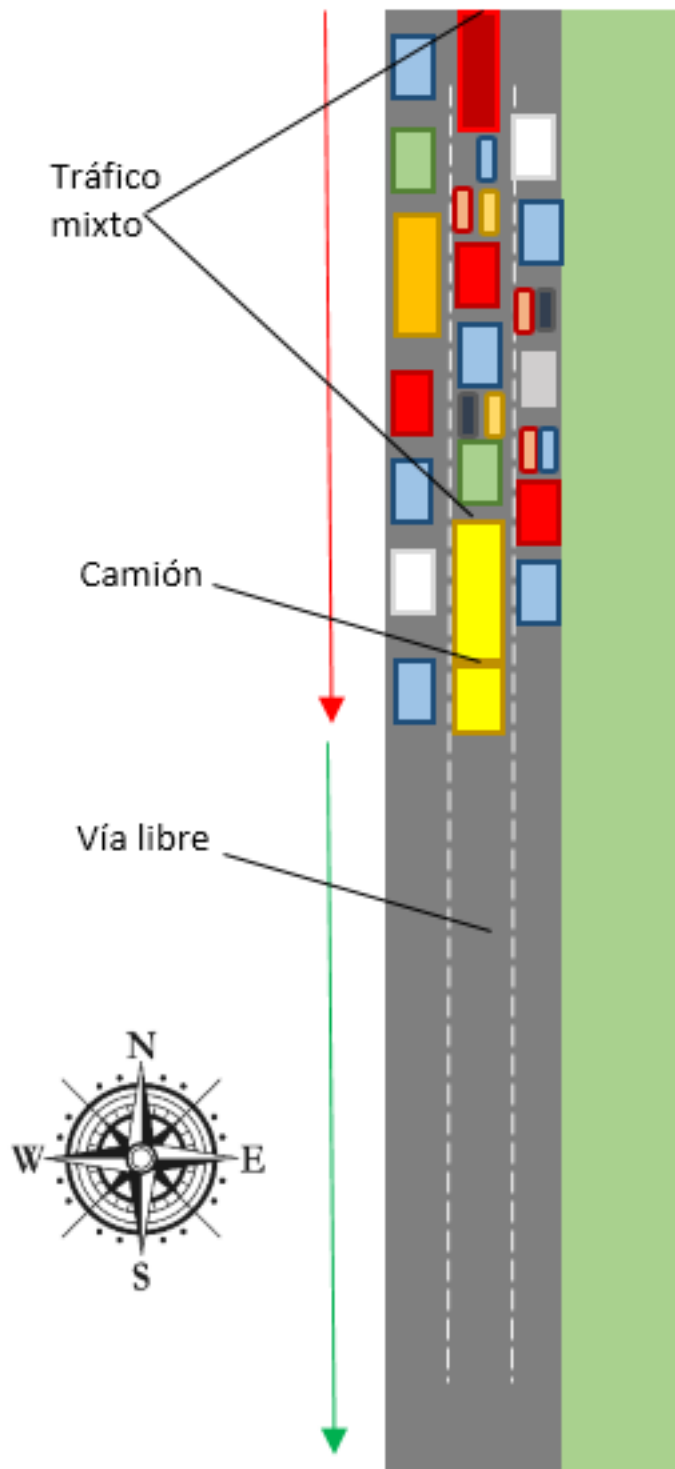
Imágenes observación en campo 3



Nota: Fotografías tomadas en campo del paso de vehículos de carga pesada generando oleadas de tráfico tras esto en la Autopista Norte en ambas calzadas. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 30

Representación gráfica observación en campo 3



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 3, donde se representa el paso de vehículos de carga pesada y su influencia en el congestionamiento vehicular. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 4- En el costado oriental de la autopista Norte (Sentido Sur-Norte) la cantidad de grietas, hundimientos, parcheos y “arreglos mal hechos” de la vía hacen que se desestabilicen los vehículos que circulan a gran velocidad, motivo por el cual se debe reducir la velocidad considerablemente para poder superar este trayecto, generando un lento flujo vehicular en la zona.

Imagen 31

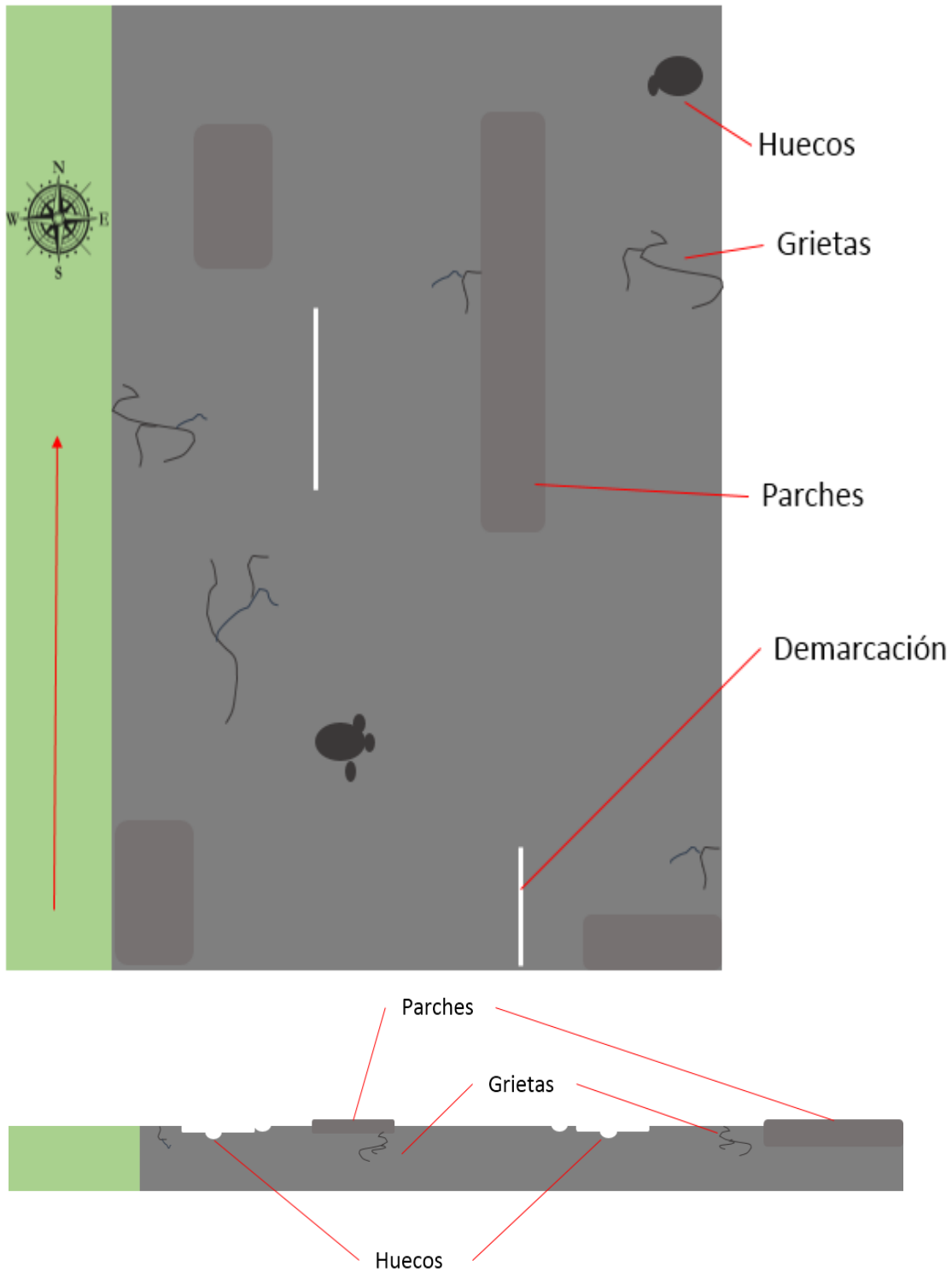
Imágenes observación en campo 4



Nota: Fotografías tomadas en campo del estado de la vía en ambas calzadas de la autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 32

Representación gráfica observación en campo 4



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 4, dónde se representa el estado de la infraestructura de la Autopista Norte en ambas calzadas. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 5- En el costado Occidental de la autopista Norte (Sentido Norte-Sur) es común ver buses intermunicipales deteniéndose de repente a dejar pasajeros. Esta súbita detención del vehículo genera un repentino bloqueo vehicular por parte de los autos y buses que vienen detrás.

La causa de esta detención radica en que muchas veces los pasajeros anuncian sus paradas cuando el bus intermunicipal se encuentra en el carril de alta velocidad.

Imagen 33

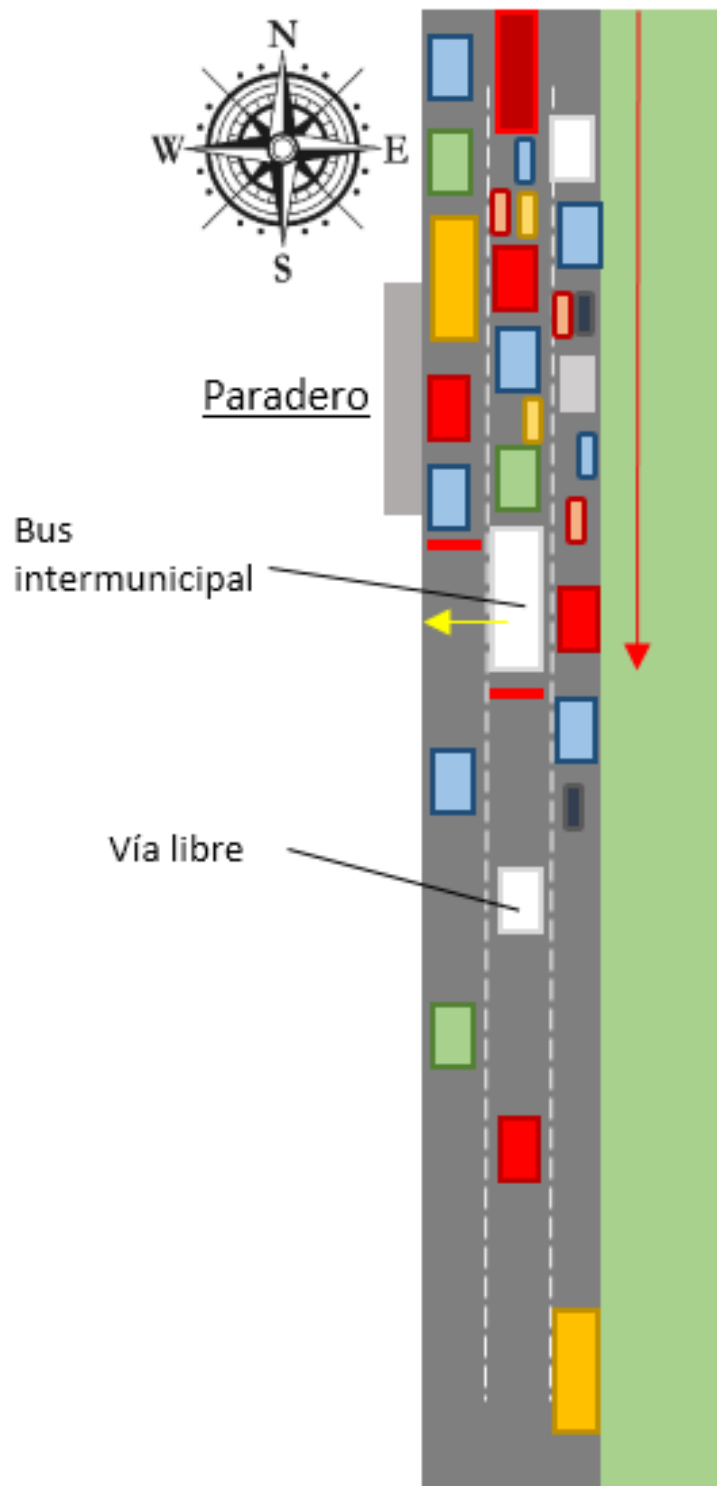
Imágenes observación en campo 5



Nota: Fotografías tomadas en campo dónde se puede observar la detención de buses intermunicipales en lugares indebidos. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 34

Representación gráfica observación en campo 5



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 5, dónde se representa las paradas de buses intermunicipales en lugares indebidos congestionando la vía. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 6- Se observa en ambos sentidos de la autopista el flujo de ciclistas por medio de la autopista, ocupando prácticamente un carril para ellos solos y sumado a la baja velocidad con la que circulan generan un lento flujo vehicular en el carril por el que el ciclista está circulando. Esto por la ausencia de ciclovías en la zona. Sin descartar el hecho de que el comportamiento de los ciclistas en estos casos son erróneos y peligrosos con el afán de llegar a sus destinos.

Imagen 35

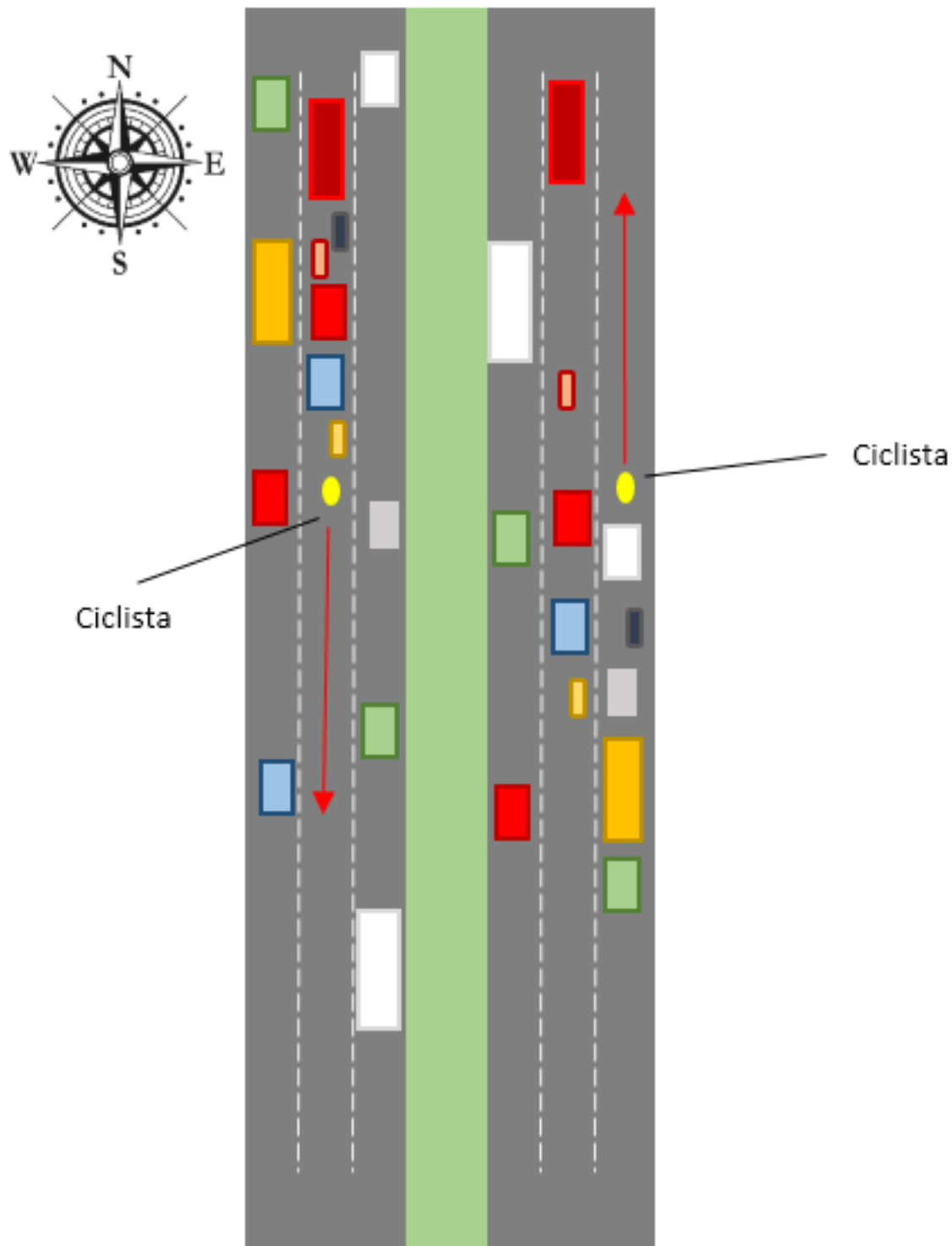
Imágenes observación en campo 6



Nota: Fotografías tomadas en campo dónde se puede observar el flujo de ciclistas entre las dos calzadas, sentido Norte-Sur y Sur-Norte de la autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 36

Representación gráfica observación en campo 6



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 6, dónde se representa el flujo de ciclistas entre las dos calzadas de la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 7- Se observa en ambos sentidos de la autopista Norte la falta de mantenimiento de las cunetas. Las obras de drenaje no están despejadas y por la deformación de la sección transversal de la vía producen estancamientos de agua cuando llueve, generando trancones interminables.

Imagen 37

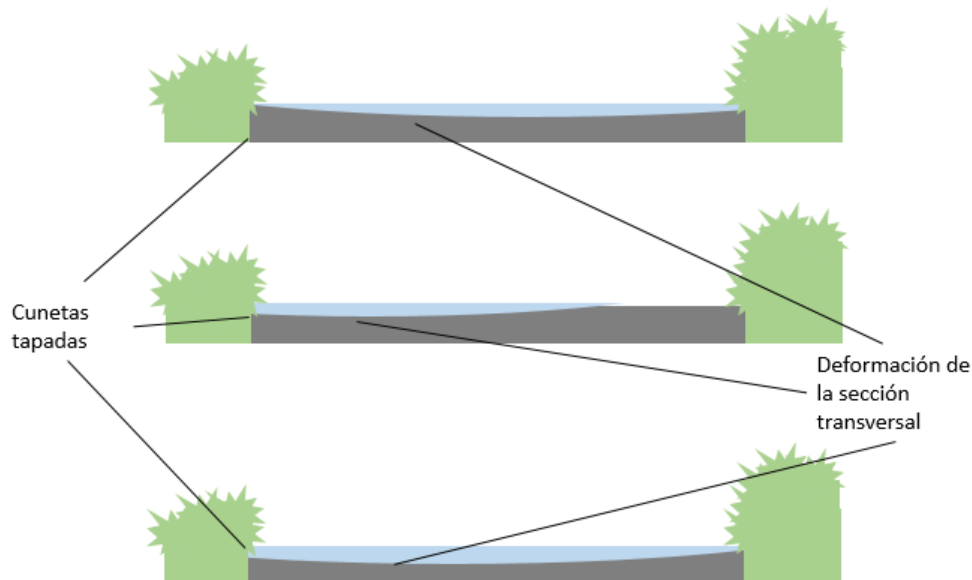
Imágenes observación en campo 7



Nota: Fotografías tomadas en campo dónde se puede observar el estado de las obras de drenaje de la Autopista Norte en ambas calzadas del tramo de estudio. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 38

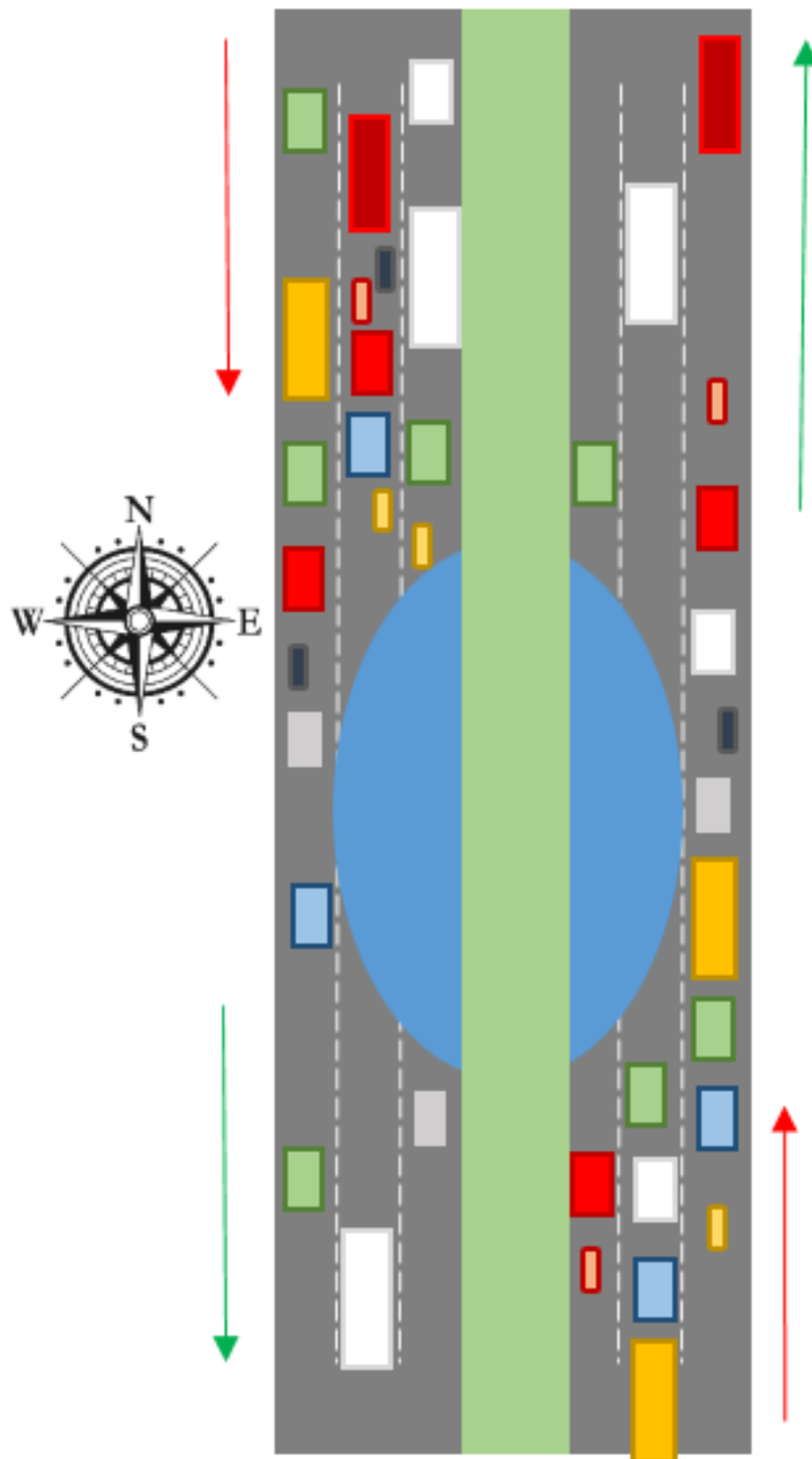
Representación gráfica observación en campo 7



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 7, del estado de la vía en la sección transversal en lo referente a las obras de drenaje. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 39

Representación gráfica observación en campo 7



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 7, del estado de la vía vista en planta en lo referente a las obras de drenaje. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 8- Las “bermas” que no resultan ser más que espacios de vía destapada al costado de la autopista Norte no presentan una continuidad y firmeza adecuada para un apoyo a la circulación del flujo vehicular. Tiene enormes baches, y solo sirve cuando los motociclistas quieren adelantar por la derecha algún trancón (esto a su propio riesgo y cuando no ha llovido). Este daño se observa por el parqueo de buses, camiones y en algunas zonas de vehículos que esperan que pase el pico y placa para poder ingresar en la ciudad. Cuando llueve es imposible circular por allí y en caso de emergencia no es posible dirigirse a estas zonas, ya sea porque están ocupadas o por la profundidad de los baches.

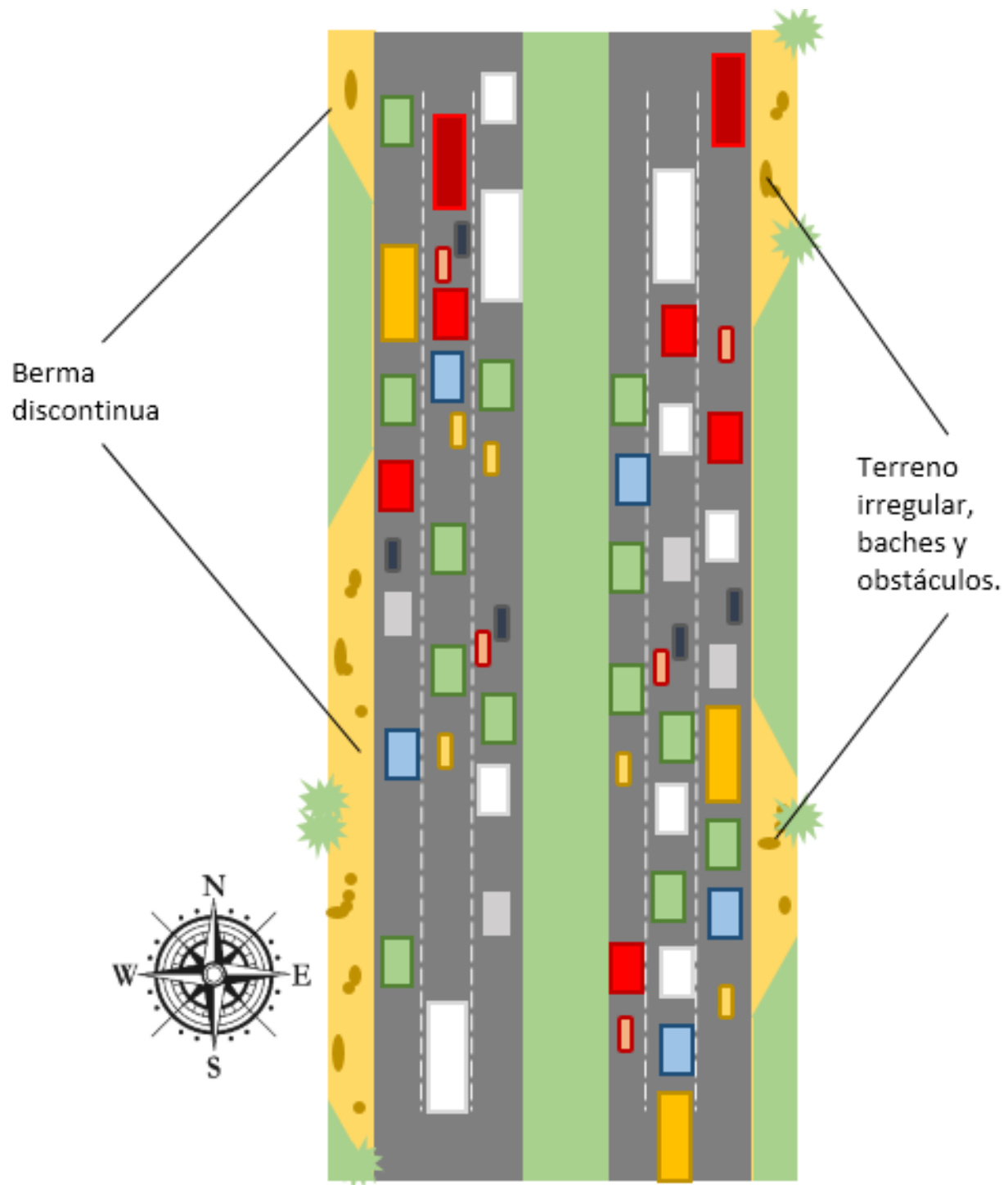
Imagen 40

Imágenes observación en campo 8



Nota: Fotografías tomadas en campo dónde se puede observar el estado de las “bermas” y sus obstrucciones y dificultades. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

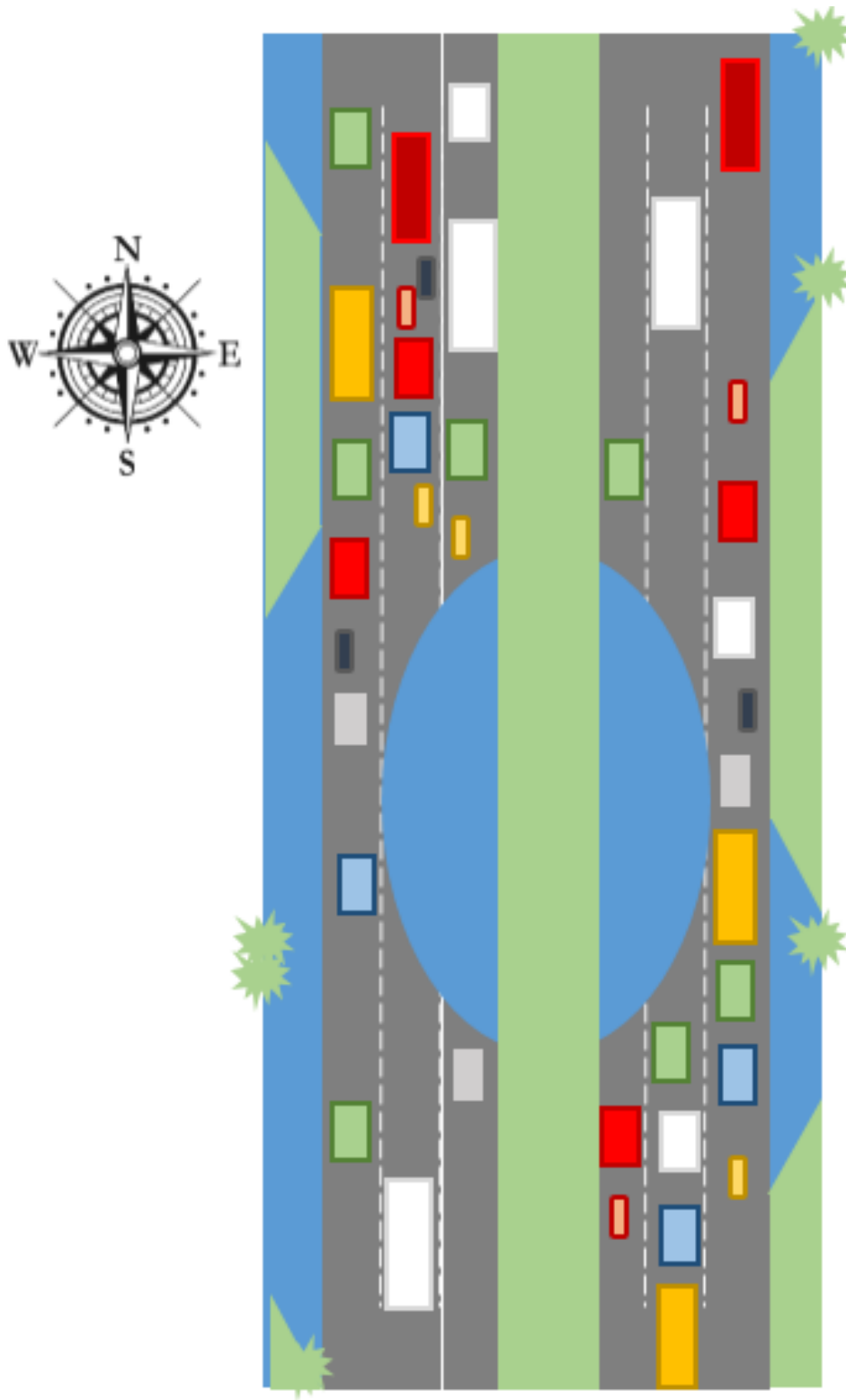
Imagen 41
Representación gráfica observación en campo 8



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 8, del estado de las “bermas” y sus condiciones actuales. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 42

Representación gráfica observación en campo 8



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 8, del estado de las “bermas” y sus condiciones actuales cuando llueve. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

- 9- En la salida del portal Norte, Sentido Sur-Norte de la autopista Norte, dónde está la reducción de calzada de cinco carriles a tres, los buses intermunicipales al salir del portal Norte se cruzan de occidente a oriente en una distancia no mayor a cien metros con el fin de llegar al centro comercial calle 185 donde es una parada obligada para todos los buses que salen del portal Norte. Esto crea un potencial riesgo de accidentes así como una gran reducción de flujo vehicular en la zona.

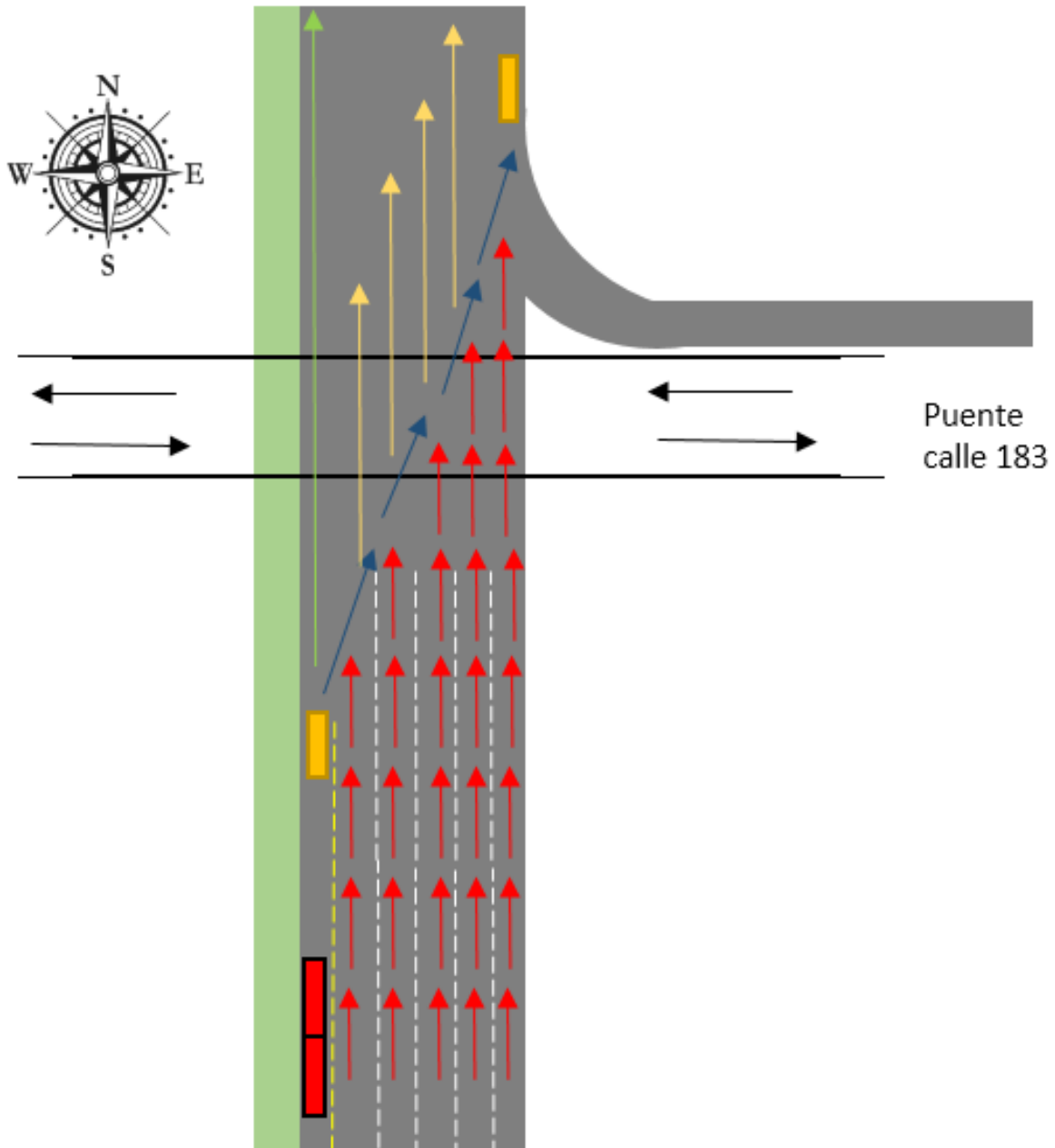
Posteriormente los buses intermunicipales tienden a entrar a la bahía de acceso al conjunto residencial que se encuentra en frente del centro comercial Santa Fe, reduciendo su velocidad en la entrada y en la salida de esta bahía, generando que en hora pico un vehículo tarde un tiempo de entre 15 a 20 minutos en recorrer este tramo de menos de 1Km desde el portal Norte hasta el centro comercial Santa Fe.

Imagen 43
Imágenes observación en campo 9



Nota: Fotografías dónde se puede observar la congestión vehicular en la Autopista Norte sentido Sur-Norte a la salida del portal Norte. Imagen recuperada de SEMANA, R. (6 de marzo de 2017). www.semana.com. Obtenido de www.semana.com: (<https://www.semana.com/nacion/articulo/informe-especial-movilidad-entradas-y-salidas-de-bogota/527314>).

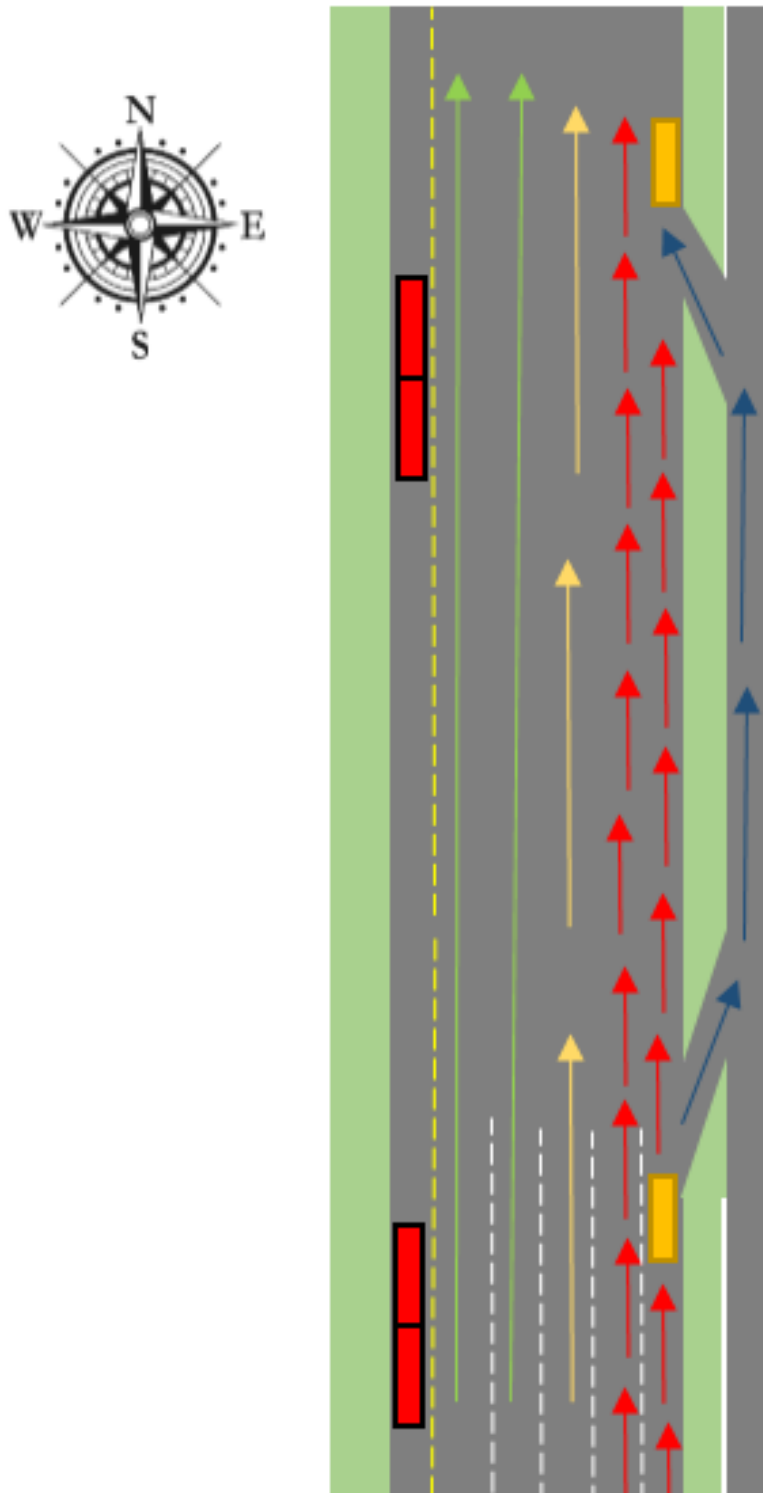
Imagen 44



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 9, del flujo de buses intermunicipales al salir del portal Norte en el sentido Sur-Norte de la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 45

Representación gráfica observación en campo 9



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 9, del flujo de buses intermunicipales al salir del portal Norte en el sentido Sur-Norte de la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Representación modelo virtual del estado de la autopista norte por medio de (vissim 9)

Por medio de este software se busca simular el estado actual de la autopista Norte en ambos sentidos; Norte-Sur y Sur-Norte con base en la información obtenida previamente en campo y en la investigación de información secundaria.

¿Qué es vissim 9?

Es un software, líder mundial para la simulación microscópica del tráfico, en un solo modelo permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones: autos, transporte de carga y cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional (GROUP, 2018).

Imagen 46
Datos de entrada Vissim 9

Ancho de carril				3,3 m			
Volumen de tránsito máximo (Norte-Sur)				4491			
Volumen de tránsito máximo (Sur-Norte)				4708			
Volumen de tránsito del retorno				895			
Sur-Norte							
Motos	Autos	Buses		Camiones			Total
		Pequeños	Alimentadores	C2 P	C2G	C3	
24%	55%	14%	1%	4%	1%	1%	100%
1130	2589	659	47	188	47	47	4708
Norte-Sur							
Motos	Autos	Buses		Camiones			Total
		Pequeños	Alimentadores	C2 P	C2G	C3	
20%	60%	10%	3%	3%	2%	2%	100%
898	2695	449	135	135	90	90	4491
Retorno							
Motos	Autos	Buses		Camiones			Total
		Pequeños	Alimentadores	C2 P	C2G	C3	
22%	53%	21%	4%	0%	0%	0%	100%
197	474	188	36	0	0	0	895

Nota: Datos de entrada a introducir en el programa Vissim 9, para realizar la simulación del estado actual de tráfico de la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Representación del modelo

La simulación del estado de la autopista Norte se dividió en dos, esto porque la versión para estudiantes tiene algunas restricciones de dibujo en su tamaño. Esto además facilita el análisis al dividir la simulación en dos tramos críticos.

Imagen 47
Tramo crítico 1



Nota: Tramo crítico 1 de estudio para la simulación de la Autopista Norte, comprendido entre las calles 201 y 215. Imagen tomada y editada en base a google maps (<https://www.google.com/maps/@4.5867008,-74.1627885,13z>) Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 48
Tramo crítico 2



Nota: Tramo crítico 2 de estudio para la simulación de la Autopista Norte, comprendido entre las calles 215 y 235. Imagen tomada y editada en base a google maps (<https://www.google.com/maps/@4.5867008,-74.1627885,13z>) Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 49

Imagen ejemplo simulación tramo crítico 1

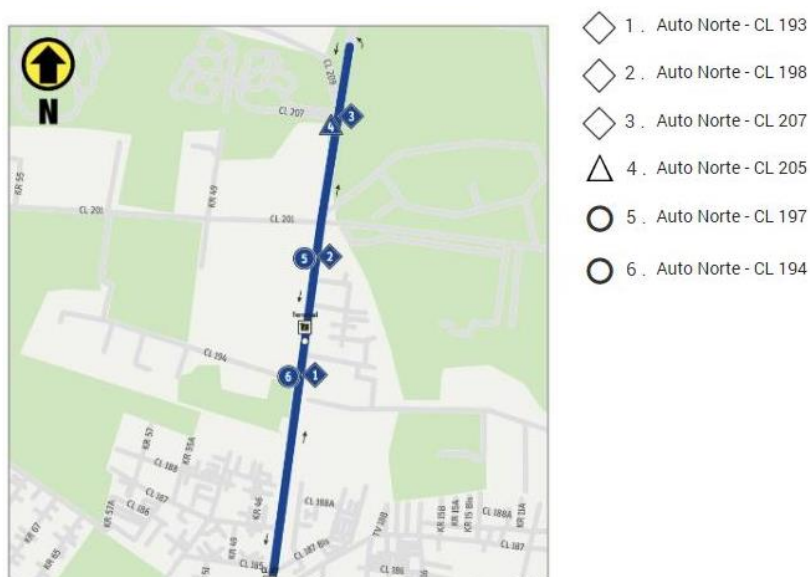


Nota: Ejemplo de representación y simulación de la calle 209 y retorno en el tramo crítico 1. Imagen realizada por medio del software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Para representar los buses alimentadores y sus rutas se tuvo en cuenta el Alimentador Jardines que es el que circula por la zona del proyecto.

Imagen 50

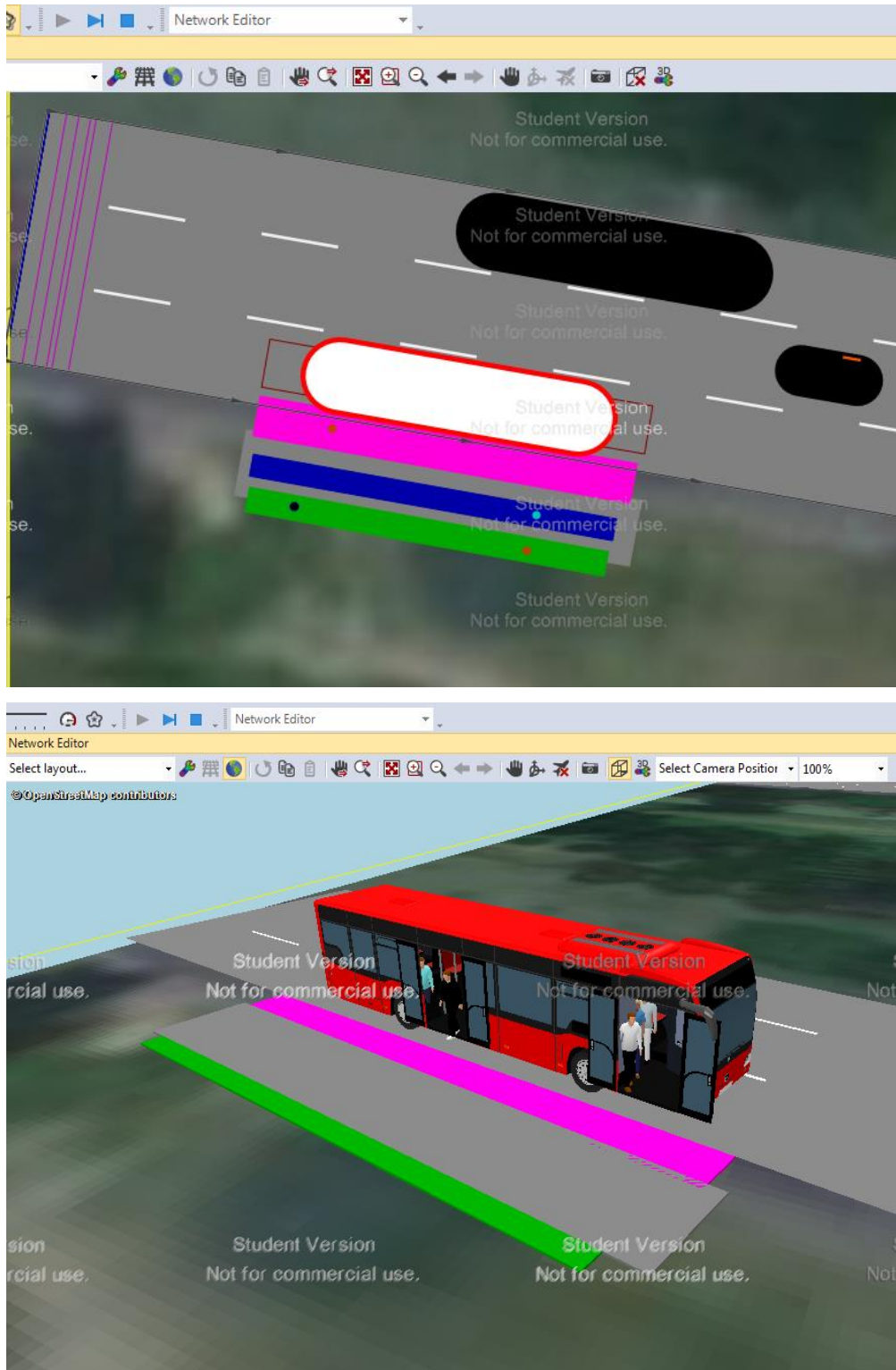
Ruta alimentador Jardines Auto Norte



Nota: Ruta alimentador jardines por Autopista Norte. Imagen tomada página web del sistema integrado de transporte público SITP (de www.sitp.gov.co) 2018.

Imagen 51

Imagen ejemplo simulación buses alimentadores



Nota: Ejemplo simulación buses alimentadores con sus respectivas paradas en la Autopista Norte. Imagen realizada por medio del software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 52

Ejemplo simulación tramo crítico 1



Nota: Simulación tramo crítico 1, comprendido entre las calles 201 y 215 por medio del software Vissim 9 Student Version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 53

Ejemplo simulación tramo crítico 2



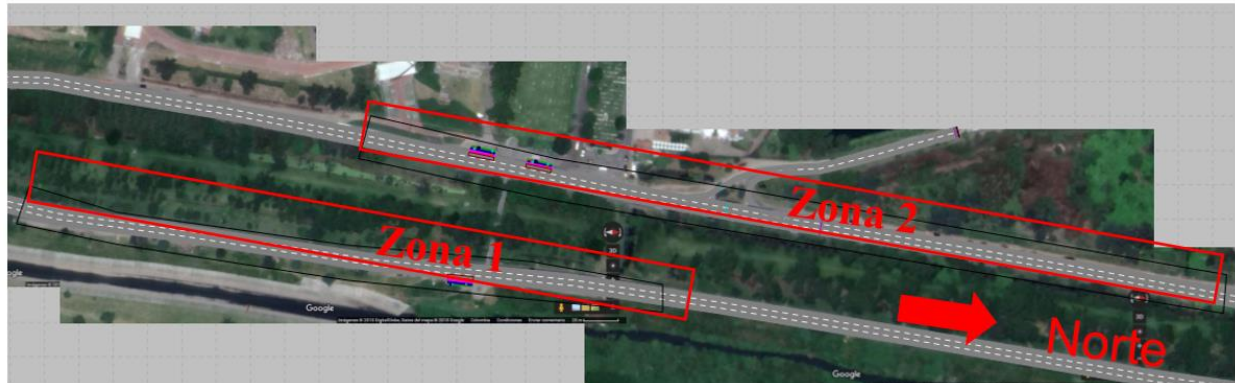
Nota: Simulación tramo crítico 2, comprendido entre las calles 215 y 235 por medio del software Vissim 9 Student Version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Resultados simulación del modelo

Para observar los resultados se debe tener en cuenta que en cada punto crítico se establecieron dos zonas de análisis; una para el sentido Norte-Sur y otra para el sentido Sur-Norte. Estas zonas de análisis se establecen al observar las áreas durante la simulación que presentan más colas de vehículos y cruces importantes a lo ancho de las calzadas.

Imagen 54

Zonas de análisis tramo crítico 1



Nota: Zonas de análisis de tráfico de ambas calzadas de la Autopista Norte. Imagen tomada de simulación Autopista Norte en Vissim 9 Student Version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 12

Resultados simulación tramo crítico1

Zona Análisis	QLEN	QLEN MAX	LOS (ALL)	VEHDELAY (ALL)	STOPDELAY (ALL)	STOP S (ALL)	EMISSIONS CO
1	6,73	30,47	D	25,19	4,09	1,02	820,46
2	97,94	296,64	E	39,04	5,27	1,42	1152,22

Nota: Donde **QLEN**= Es la longitud de la cola promedio en metros, cola promedio: en cada paso de tiempo, se mide la longitud de la cola actual y la media aritmética se calcula por intervalo de tiempo, **QLENMAX**= Es la longitud de la cola máxima en metros, **LOS (ALL)**= Nivel de servicio, por sus siglas en inglés (Level of service), **VEHDELAY (ALL)**= Retraso del vehículo (promedio), retraso de todos los vehículos. El retraso de un vehículo en tiempo de viaje se obtiene restando el tiempo de viaje teórico (ideal) del tiempo de viaje real. El tiempo de viaje teórico es el tiempo de viaje que se podría lograr si no hubiera otros vehículos y / o ningún control de señal u otras razones para detenerse. El tiempo de viaje real no incluye las paradas del transporte público, pero si tiene en cuenta la demora causada a los vehículos que vienen detrás, **STOPDELAY (ALL)**= Retraso por detención, detención de demora por vehículo en segundos sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **STOPS (ALL)**= Número de paradas de vehículos por vehículo sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **EMISSIONSCO**= Emisiones CO, Cantidad de monóxido de carbono [gramos]. Resultados de simulación tramo crítico 1 Autopista Norte realizado en vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 55

Zonas de análisis tramo crítico 2



Nota: Zonas de análisis de tráfico de ambas calzadas de la Autopista Norte. Imagen tomada de simulación Autopista Norte en Vissim 9 Student Version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 13

Resultados simulación tramo crítico2

Zona Análisis	QLEN	QLEN MAX	LOS (ALL)	VEHDELAY (ALL)	STOPDELAY (ALL)	STOP S (ALL)	EMISSI ONS CO
1	16,89	103,83	E	43,18	7,93	1,95	1604,71
2	83,12	368,06	E	35,55	6,66	1,27	1105,30

Nota: Donde **QLEN**= Es la longitud de la cola promedio en metros, cola promedio: en cada paso de tiempo, se mide la longitud de la cola actual y la media aritmética se calcula por intervalo de tiempo, **QLENMAX**= Es la longitud de la cola máxima en metros, **LOS (ALL)**= Nivel de servicio, por sus siglas en inglés (Level of service), **VEHDELAY (ALL)**= Retraso del vehículo (promedio), retraso de todos los vehículos. El retraso de un vehículo en tiempo de viaje se obtiene restando el tiempo de viaje teórico (ideal) del tiempo de viaje real. El tiempo de viaje teórico es el tiempo de viaje que se podría lograr si no hubiera otros vehículos y / o ningún control de señal u otras razones para detenerse. El tiempo de viaje real no incluye las paradas del transporte público, pero si tiene en cuenta la demora causada a los vehículos que vienen detrás, **STOPDELAY (ALL)**= Retraso por detención, detención de demora por vehículo en segundos sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **STOPS (ALL)**= Número de paradas de vehículos por vehículo sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **EMISSIONSCO**= Emisiones CO, Cantidad de monóxido de carbono [gramos]. Resultados de simulación tramo crítico 1 Autopista Norte realizado en vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Como se puede observar en los dos sentidos de los dos tramos críticos de la simulación, se confirma un nivel de servicio E para los dos sentidos de circulación en la autopista Norte.

Las zonas de conflicto que generan las largas colas son los accesos a los retornos por parte de los vehículos que van en el sentido de Sur-Norte, además se le suma la falta de bahías en los

paraderos que reducen el carril y causan también una gran cola de espera en ambos sentidos de la autopista Norte.

En el sentido Norte-Sur es donde se llega a generar la cola de espera más larga que es entre 300 y 370 metros, lo que equivale a una reducción de carril durante casi 400 metros en algunos casos.

En el sentido Sur-Norte aunque son colas más cortas, se crean dos o tres pequeñas colas en todo el tramo, sin embargo en el sentido Norte-Sur se puede llegar a crear una sola en el costado derecho de la vía y una más pequeña al conectar con los retornos en el costado izquierdo, siendo el carril central el más fluido durante breves periodos de tiempo.

La detención de los vehículos por completo entre 1 y dos veces en un tramo de la autopista que no supera los dos kilómetros sin tener semáforos o control de tráfico, evidencia la congestión y colapso que puede llegar a presentar la autopista Norte en ambos sentidos de circulación.

Esta simulación y datos obtenidos en campo fueron realizados en época seca, sin lluvia, esto cabe aclararlo por el hecho de que cuando llueve en esa zona, los retrasos, colas de espera y detenciones se incrementan considerablemente, por lo que no estaría mal realizar un análisis con este estado del clima si se quiere profundizar en ello.

Referencias

ACCENORTE. (Febrero de 2016). Volumen de tránsito y transporte. *Volumen de tránsito y transporte ANI promesa de sociedad futura APP*. ANI.

ACCENORTE. (15 de Mayo de 2018). www.accenorte.com. Obtenido de www.accenorte.com:
<http://www.accenorte.com/proyecto.php>

- GROUP, P. (2018). Vissim 9. PTV GROUP. Recuperado el 2018, de <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/pfv-vissim>
- Mayor, C. y. (2007). *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones*. México D.F.: Alfaomega.
- Movilidad, S. d. (2017). Movilidad en cifras 2016. *Movilidad en cifras 2016*. Bogotá D.C., Colombia: Secretaría dsitrital de movilidad.
- Sciences, N. A. (2000). Higway Capacity Manual: Transportation research board. *Highway capacity manual 2000*. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.
- SEMANA, R. (6 de Marzo de 2017). www.semana.com. Obtenido de www.semana.com:
<https://www.semana.com/nacion/articulo/informe-especial-movilidad-entradas-y-salidas-de-bogota/527314>

Bibliografía

- ACCENORTE. (Febrero de 2016). Volumen de tránsito y transporte. *Volumen de tránsito y transporte ANI promesa de sociedad futura APP*. ANI.
- ACCENORTE. (15 de Mayo de 2018). www.accenorte.com. Obtenido de www.accenorte.com:
<http://www.accenorte.com/proyecto.php>
- ANI. (2018). Información volumen vehicular Peaje Andes. Bogotá, Colombia: ANI.
- Berardo, M. G. (2014). Manual de diseño geométrico vial. Buenos Aires, Argentina: Editorial Brujas.
- Bluradio. (23 de Marzo de 2017). www.bluradio.com. Obtenido de www.bluradio.com:
<https://www.bluradio.com/bogota/estereo-picnic-diversion-o-dolor-de-cabeza-135203>

- Cortés Díaz, M. E. (2006). La anexión de los 6 municipios vecinos a Bogotá en 1954. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <https://books.google.com.co/books?id=Ek8FT3l-IQYC&printsec=frontcover&dq=La+anexi%C3%B3n+de+los+6+municipios+vecinos+a+Bogot%C3%A1+en+1954&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigi6zUkLLgAhXM1lkKHT33A74Q6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20anexi%C3%B3n%20de%20los%20municipios%20>
- Distrital, M. (22 de Marzo de 2018). *www.bogota.gov.com*. Obtenido de *www.bogota.gov.com*: <http://www.bogota.gov.co/temas-de-ciudad/movilidad/conozca-como-movilizarse-al-festival-estereo-picnic-2018>
- Distrital, S. E. (2017). Instituciones Educativas. Bogotá D.C., Colombia: Secretaria de Educación Distrital.
- García, T. (s.f.). <https://es.slideshare.net>. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de Capacidad y niveles de servicio: <https://es.slideshare.net/thayragarcia/capacidad-y-niveles-de-servicio>
- GROUP, P. (2018). Vissim 9. PTV GROUP. Recuperado el 2018, de <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/pfv-vissim>
- INVIAS. (2008). Volúmenes vehiculares. *Documentos técnicos INVIAS*. INVIAS. Recuperado el 2018, de www.invias.gov.co
- Lazo, L., & Sánchez, A. (1981). Una fisionomía de la ingeniería de tránsito. *Una fisionomía de la ingeniería de tránsito*. México D.F., México: Librero-Editor.
- Mayor, C. y. (2007). *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones*. México D.F.: Alfaomega.

Movilidad, S. D. (2016). Encuesta Movilidad 2015. *Encuesta Movilidad 2015*. Bogotá D.C., Colombia: Secretaría Distrital de Movilidad.

Movilidad, S. d. (2017). Movilidad en cifras 2016. *Movilidad en cifras 2016*. Bogotá D.C., Colombia: Secretaría dsitrital de movilidad.

Sciences, N. A. (2000). Higway Capacity Manual: Transportation research board. *Highway capacity manual 2000*. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

SEMANA, R. (6 de Marzo de 2017). *www.semana.com*. Obtenido de *www.semana.com*:
<https://www.semana.com/nacion/articulo/informe-especial-movilidad-entradas-y-salidas-de-bogota/527314>

TIEMPO, E. (7 de Junio de 2015). *www.el tiempo.com*. Obtenido de *www.el tiempo.com*:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15912303>

Anexos

Anexo A. Distribución horaria viajes transporte público y gráfica

		Distribución horaria viajes transporte público				Porcentaje
		2015	2016	2017	2018	
1	3:00-4:00	10000	10418	10840	11267	0,19%
2	3:45-4:45	70000	72926	75880	78869	1,36%
3	4:30-5:30	185000	192733	200539	208440	3,60%
4	5:15-6:15	360000	375048	390237	405613	7,01%
5	6:00-7:00	400100	416824	433706	450794	7,79%
6	6:45-7:45	290000	302122	314358	326744	5,65%
7	7:30-8:30	240000	250032	260158	270409	4,67%
8	8:15-9:15	210000	218778	227639	236607	4,09%
9	9:00-10:00	190000	197942	205959	214073	3,70%
10	9:45-10:45	185000	192733	200539	208440	3,60%
11	10:30-11:30	165000	171897	178859	185906	3,21%
12	11:15-12:15	250000	260450	270998	281676	4,87%
13	12:00-13:00	250000	260450	270998	281676	4,87%
14	12:45-13:45	205000	213569	222219	230974	3,99%
15	13:30-14:30	210000	218778	227639	236607	4,09%
16	14:15-15:15	200000	208360	216799	225340	3,89%
17	15:00-16:00	200100	208464	216907	225453	3,90%
18	15:45-16:45	200000	208360	216799	225340	3,89%
19	16:30-17:30	260000	270868	281838	292943	5,06%
20	17:15-18:15	345000	359421	373978	388712	6,72%
21	18:00-19:00	275000	286495	298098	309843	5,35%
22	18:45-19:45	120000	125016	130079	135204	2,34%
23	19:30-20:30	100000	104180	108399	112670	1,95%
24	20:15-21:15	65000	67717	70460	73236	1,27%
25	21:00-22:00	60000	62508	65040	67602	1,17%
26	21:45-22:45	62000	64592	67208	69856	1,21%
27	22:30-23:30	30000	31254	32520	33801	0,58%
Total		5137200	5351935	5568688	5788095	100,00%

Nota: Distribución de volumen vehicular de viajes de transporte público en un día a través de los años. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

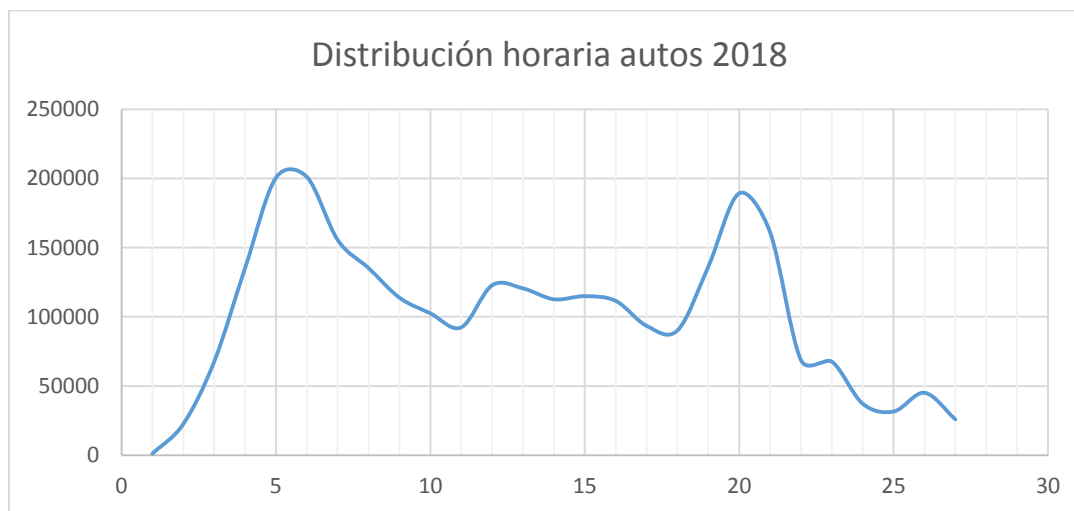


Nota: Distribución gráfica de viajes de transporte públicos en un día para el año 2018. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Anexo B. Distribución horaria viajes auto

		Distribución horaria viajes auto				Porcentaje
		2015	2016	2017	2018	
1	3:00-4:00	1000	1042	1084	1127	0,04%
2	3:45-4:45	20000	20836	21680	22534	0,82%
3	4:30-5:30	60000	62508	65040	67602	2,45%
4	5:15-6:15	120000	125016	130079	135204	4,90%
5	6:00-7:00	178000	185440	192951	200553	7,28%
6	6:45-7:45	178500	185961	193493	201116	7,30%
7	7:30-8:30	138000	143768	149591	155485	5,64%
8	8:15-9:15	120000	125016	130079	135204	4,90%
9	9:00-10:00	101000	105222	109483	113797	4,13%
10	9:45-10:45	91000	94804	98643	102530	3,72%
11	10:30-11:30	82000	85428	88887	92390	3,35%
12	11:15-12:15	109000	113556	118155	122811	4,46%
13	12:00-13:00	107000	111473	115987	120557	4,37%
14	12:45-13:45	100000	104180	108399	112670	4,09%
15	13:30-14:30	102000	106264	110567	114924	4,17%
16	14:15-15:15	99000	103138	107315	111544	4,05%
17	15:00-16:00	83000	86469	89971	93516	3,39%
18	15:45-16:45	80000	83344	86719	90136	3,27%
19	16:30-17:30	121000	126058	131163	136331	4,95%
20	17:15-18:15	168000	175022	182111	189286	6,87%
21	18:00-19:00	143000	148977	155011	161118	5,85%
22	18:45-19:45	61000	63550	66124	68729	2,49%
23	19:30-20:30	60000	62508	65040	67602	2,45%
24	20:15-21:15	33000	34379	35772	37181	1,35%
25	21:00-22:00	28000	29170	30352	31548	1,14%
26	21:45-22:45	40000	41672	43360	45068	1,63%
27	22:30-23:30	23000	23961	24932	25914	0,94%
Total		2446500	2548764	2651989	2756477	100,00%

Nota: Distribución de volumen vehicular de viajes de auto en un día a través de los años. Cifuentes Romero, C.D. (2018).



Nota: Distribución gráfica de viajes de auto en un día para el año 2018. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Anexo C. Distribución horaria viajes en moto

		Distribución horaria viajes moto				Porcentaje
		2015	2016	2017	2018	
1	3:00-4:00	1000	1042	1084	1127	0,09%
2	3:45-4:45	17000	17711	18428	19154	1,53%
3	4:30-5:30	48000	50006	52032	54082	4,33%
4	5:15-6:15	81000	84386	87803	91263	7,31%
5	6:00-7:00	103000	107305	111651	116050	9,30%
6	6:45-7:45	80000	83344	86719	90136	7,22%
7	7:30-8:30	47000	48965	50948	52955	4,24%
8	8:15-9:15	30000	31254	32520	33801	2,71%
9	9:00-10:00	29000	30212	31436	32674	2,62%
10	9:45-10:45	30000	31254	32520	33801	2,71%
11	10:30-11:30	21000	21878	22764	23661	1,90%
12	11:15-12:15	39000	40630	42276	43941	3,52%
13	12:00-13:00	48000	50006	52032	54082	4,33%
14	12:45-13:45	32000	33338	34688	36054	2,89%
15	13:30-14:30	34000	35421	36856	38308	3,07%
16	14:15-15:15	28000	29170	30352	31548	2,53%
17	15:00-16:00	22000	22920	23848	24787	1,99%
18	15:45-16:45	38000	39588	41192	42815	3,43%
19	16:30-17:30	69000	71884	74796	77742	6,23%
20	17:15-18:15	82000	85428	88887	92390	7,40%
21	18:00-19:00	94000	97929	101895	105910	8,48%
22	18:45-19:45	39000	40630	42276	43941	3,52%
23	19:30-20:30	29000	30212	31436	32674	2,62%
24	20:15-21:15	13000	13543	14092	14647	1,17%
25	21:00-22:00	19000	19794	20596	21407	1,71%
26	21:45-22:45	22000	22920	23848	24787	1,99%
27	22:30-23:30	13000	13543	14092	14647	1,17%
Total		1108000	1154314	1201064	1248386	100,00%

Nota: Distribución de volumen vehicular de viajes de moto en un día a través de los años. Cifuentes Romero, C.D. (2018).



Nota: Distribución gráfica de viajes de moto en un día para el año 2018. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Anexo D. Distribución horaria viajes intermunicipales

		Distribución horaria viajes intermunicipales				Porcentaje
		2015	2016	2017	2018	
1	3:00-4:00	0	0	0	0	0,00%
2	3:45-4:45	7000	7293	7588	7887	2,44%
3	4:30-5:30	19000	19794	20596	21407	6,62%
4	5:15-6:15	21000	21878	22764	23661	7,31%
5	6:00-7:00	20500	21357	22222	23097	7,14%
6	6:45-7:45	17000	17711	18428	19154	5,92%
7	7:30-8:30	8000	8334	8672	9014	2,79%
8	8:15-9:15	8500	8855	9214	9577	2,96%
9	9:00-10:00	8000	8334	8672	9014	2,79%
10	9:45-10:45	8200	8543	8889	9239	2,86%
11	10:30-11:30	6500	6772	7046	7324	2,26%
12	11:15-12:15	9000	9376	9756	10140	3,13%
13	12:00-13:00	8500	8855	9214	9577	2,96%
14	12:45-13:45	12000	12502	13008	13520	4,18%
15	13:30-14:30	9000	9376	9756	10140	3,13%
16	14:15-15:15	10000	10418	10840	11267	3,48%
17	15:00-16:00	14000	14585	15176	15774	4,87%
18	15:45-16:45	15000	15627	16260	16901	5,22%
19	16:30-17:30	20000	20836	21680	22534	6,96%
20	17:15-18:15	21500	22399	23306	24224	7,49%
21	18:00-19:00	18000	18752	19512	20281	6,27%
22	18:45-19:45	11000	11460	11924	12394	3,83%
23	19:30-20:30	6500	6772	7046	7324	2,26%
24	20:15-21:15	3000	3125	3252	3380	1,04%
25	21:00-22:00	2000	2084	2168	2253	0,70%
26	21:45-22:45	3500	3646	3794	3943	1,22%
27	22:30-23:30	500	521	542	563	0,17%
Total		287200	299205	311323	323589	100,00%

Nota: Distribución de volumen vehicular de viajes intermunicipales en un día a través de los años. Cifuentes Romero, C.D. (2018).



Nota: Distribución gráfica de viajes intermunicipales en un día para el año 2018. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Anexo E. Distribución horaria buses especiales

		Distribución horaria viajes buses especiales				Porcentaje
		2015	2016	2017	2018	
1	3:00-4:00	7000	7293	7588	7887	0,80%
2	3:45-4:45	19000	19794	20596	21407	2,18%
3	4:30-5:30	53000	55215	57452	59715	6,07%
4	5:15-6:15	119000	123974	128995	134078	13,64%
5	6:00-7:00	107000	111473	115987	120557	12,26%
6	6:45-7:45	48000	50006	52032	54082	5,50%
7	7:30-8:30	29000	30212	31436	32674	3,32%
8	8:15-9:15	16000	16669	17344	18027	1,83%
9	9:00-10:00	8000	8334	8672	9014	0,92%
10	9:45-10:45	18000	18752	19512	20281	2,06%
11	10:30-11:30	20000	20836	21680	22534	2,29%
12	11:15-12:15	40000	41672	43360	45068	4,58%
13	12:00-13:00	42000	43756	45528	47321	4,81%
14	12:45-13:45	22000	22920	23848	24787	2,52%
15	13:30-14:30	38000	39588	41192	42815	4,36%
16	14:15-15:15	58000	60424	62872	65349	6,65%
17	15:00-16:00	60000	62508	65040	67602	6,88%
18	15:45-16:45	28000	29170	30352	31548	3,21%
19	16:30-17:30	35000	36463	37940	39435	4,01%
20	17:15-18:15	41000	42714	44444	46195	4,70%
21	18:00-19:00	37000	38547	40108	41688	4,24%
22	18:45-19:45	10000	10418	10840	11267	1,15%
23	19:30-20:30	8000	8334	8672	9014	0,92%
24	20:15-21:15	3000	3125	3252	3380	0,34%
25	21:00-22:00	2500	2605	2710	2817	0,29%
26	21:45-22:45	3000	3125	3252	3380	0,34%
27	22:30-23:30	1000	1042	1084	1127	0,11%
Total		872500	908971	945784	983048	100,00%

Nota: Distribución de volumen vehicular de buses especiales en un día a través de los años. Cifuentes Romero, C.D. (2018).



Nota: Distribución gráfica de buses especiales en un día para el año 2018. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Anexo F. Tiempos de viaje tomados en campo Norte-Sur y Sur-Norte

	Sentido	Norte -Sur			
Punto	1	2	3	4	5
Fecha	Calle 235 (C.C. BIMA)	Calle 222 (UDCA)	Calle 215 (CAFAM)	Calle 209 (ESING)	Calle 194 (MAKRO)
Miercoles 9 Mayo	8:39:00 a. m.	8:42:00 a. m.	8:43:00 a. m.	8:45:00 a. m.	8:50:00 a. m.
Jueves 10 Mayo	7:47:00 a. m.	7:49:00 a. m.	7:50:00 a. m.	7:51:00 a. m.	7:53:00 a. m.
Viernes 11 Mayo	8:06:00 a. m.	8:07:00 a. m.	8:08:00 a. m.	8:09:00 a. m.	8:11:00 a. m.
Martes 15 Mayo	8:08:00 a. m.	8:10:00 a. m.	8:11:00 a. m.	8:14:00 a. m.	8:18:00 a. m.
Miercoles 16 Mayo	8:33:00 a. m.	8:35:00 a. m.	8:38:00 a. m.	8:40:00 a. m.	8:43:00 a. m.
Jueves 17 Mayo	8:02:00 a. m.	8:04:00 a. m.	8:05:00 a. m.	8:06:00 a. m.	8:08:00 a. m.
Viernes 18 Mayo	8:13:00 a. m.	8:14:00 a. m.	8:15:00 a. m.	8:16:00 a. m.	8:18:00 a. m.
Lunes 21 Mayo	8:31:00 a. m.	8:33:00 a. m.	8:35:00 a. m.	8:36:00 a. m.	8:39:00 a. m.
Miercoles 23 Mayo	8:26:00 a. m.	8:27:00 a. m.	8:28:00 a. m.	8:29:00 a. m.	8:31:00 a. m.
Jueves 24 Mayo	8:01:00 a. m.	8:02:00 a. m.	8:03:00 a. m.	8:04:00 a. m.	8:07:00 a. m.
Viernes 25 Mayo	8:39:00 a. m.	8:41:00 a. m.	8:42:00 a. m.	8:44:00 a. m.	8:48:00 a. m.
Lunes 25 Mayo	8:33:00 a. m.	8:36:00 a. m.	8:39:00 a. m.	8:41:00 a. m.	8:46:00 a. m.
Miercoles 30 Mayo	8:42:00 a. m.	8:44:00 a. m.	8:45:00 a. m.	8:47:00 a. m.	8:51:00 a. m.
Viernes 1 Junio	8:10:00 a. m.	8:14:00 a. m.	8:19:00 a. m.	8:24:00 a. m.	8:32:00 a. m.
Miercoles 6 Junio	9:10:00 a. m.	9:14:00 a. m.	9:19:00 a. m.	9:21:00 a. m.	9:25:00 a. m.
Viernes 8 Junio	8:37:00 a. m.	8:39:00 a. m.	8:41:00 a. m.	8:43:00 a. m.	8:47:00 a. m.
Martes 31 Julio	7:14:00 a. m.	7:17:00 a. m.	7:18:00 a. m.	7:19:00 a. m.	7:23:00 a. m.
Lunes 13 Agos	6:49:00 a. m.	6:51:00 a. m.	6:52:00 a. m.	6:56:00 a. m.	7:00:00 a. m.
Miercoles 29 Agos	7:34:00 a. m.	7:36:00 a. m.	7:37:00 a. m.	7:38:00 a. m.	7:41:00 a. m.
Viernes 31 Agos	6:44:00 a. m.	6:46:00 a. m.	6:47:00 a. m.	6:49:00 a. m.	6:55:00 a. m.

Nota: Tiempos de recorrido de viaje entre los puntos críticos establecidos en la Autopista Norte sentido Norte-Sur. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

	Estudiante	Cristhian David Cifuentes Romero		
	Sentido	Sur Norte		
Punto	6	7	8	9
Fecha	Calle 192 (Makro)	Calle 201 (Cementerio)	Calle 224 (Parque eventos)	Calle 234 (Multiparque)
Martes 8 Mayo	2:31:00 p. m.	2:33:00 p. m.	2:35:00 p. m.	2:36:00 p. m.
Jueves 10 Mayo	11:12:00 a. m.	11:15:00 a. m.	11:16:00 a. m.	11:18:00 a. m.
Martes 31 Julio	10:35:00 a. m.	10:36:00 a. m.	10:38:00 a. m.	10:39:00 a. m.
Lunes 13 Ago	8:04:00 a. m.	8:05:00 a. m.	8:08:00 a. m.	8:09:00 a. m.
Viernes 31 Ago	8:16:00 a. m.	8:18:00 a. m.	8:20:00 a. m.	8:21:00 a. m.

Nota: Tiempos de recorrido de viaje entre los puntos críticos establecidos en la Autopista Norte sentido Sur-Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).