

**ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO POR LA OPERACIÓN DEL
PLAN RETORNO EN LA ZONA NORTE DE BOGOTÁ**

**JONATHAN EDUARDO CARO PÉREZ
JONNATAN STIVEN CORREDOR GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2016**

**ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO POR LA OPERACIÓN DEL
PLAN RETORNO EN LA ZONA NORTE DE BOGOTÁ**

**JONATHAN EDUARDO CARO PÉREZ
JONNATAN STIVEN CORREDOR GONZALEZ**

**TRABAJO DE GRADO COMO OPCIÓN PARA OPTAR POR EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR DISCIPLINAR: ING. DARÍO NARANJO TORRES ASESOR
METODOLÓGICO: LIC. LAURA CALA CRISTANCHO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2016

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2. JUSTIFICACIÓN.....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	18
4.1. Antecedentes investigativos	18
5. MARCO REFERENCIAL.....	22
5.1. MARCO CONCEPTUAL.....	22
5.1.1. Generalidades	22
5.1.2. Principios y conceptos generales.	23
5.1.2.1. Concepto de capacidad vial	23
5.1.2.2. Concepto de nivel de servicio	24
5.1.2.3. Condiciones prevalecientes	24
5.1.2.4. Condiciones de la vía o la infraestructura	25
5.1.2.5. Condiciones del tránsito	25
5.1.2.6. Condiciones de control.....	26
5.1.3. Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio	26
5.1.3.1. Segmentos básicos de autopistas.....	28
5.1.3.2. Nivel de servicio	28
5.1.4. Características básicas	30
5.2. CARRETERAS DE DOS CARRILES.....	30
5.2.1. Generalidades	30
5.2.2. Capacidad	31
5.2.3. Clasificación de carreteras dos carriles	31
5.2.3.1. Clase I.....	31
5.2.3.2. Clase II.....	32
5.2.4. Niveles de servicio en carretera de dos carriles	32

5.3. RAMPAS	33
5.3.1. Términos de Capacidad de Autopistas.....	33
5.3.2. Características de flujo	34
5.3.3. Relaciones Velocidad - Flujo y Densidad – Flujo	35
5.3.4. Factores que afectan la velocidad a flujo libre.....	37
5.3.4.1. Ancho de Carril y Distancia Lateral Libre	37
5.3.4.2. Número de carriles	37
5.3.4.3. Densidad de intercambiadores.....	38
5.3.4.4. Vehículos de Pasajeros Equivalentes	38
5.3.5. Datos de entrada y valores estimados requeridos para el análisis.....	39
5.3.6. Análisis operacional.....	39
5.4. MARCO GEOGRÁFICO	41
5.4.1. Chía.....	41
5.4.2. Bogotá D.C.....	41
5.5. MARCO LEGAL.....	42
5.6. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
5.7. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	44
5.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	45
5.9. ANÁLISIS DE DATOS	45
5.10. FASES DE INVESTIGACIÓN	46
5.10.1. Fase 1. Descripción tráfico vehicular.....	46
5.10.2. Fase 2. Descripción de las vías estudiadas.	46
5.10.3. Fase 3. Cálculo niveles de servicio	46
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	47
6.1. DESCRIPCIÓN TRÁFICO VEHICULAR	47
6.1.1. Datos Aforos:.....	47
6.1.2. HORA PICO:	49
6.1.3. Factor de máxima demanda (FHM).....	52
6.1.4. VOLUMEN EQUIVALENTE:.....	53
6.1.4.1. Entrada por autopista norte.....	55
6.1.4.2. Desvio Autopista norte	57

6.1.4.3. Entrada por carrera séptima.....	59
6.1.4.4. Desvío Carrera séptima	61
6.1.4.5. Totalidad del Flujo	63
6.1.5. Distribución vehicular	65
6.1.5.1. Entrada por Autopista norte	66
6.1.5.2. Desvió de autopista norte.....	66
6.1.5.3. Entrada por carrera séptima.....	67
6.1.5.4. Desvió carrera séptima	67
6.1.5.5. Totalidad del flujo	68
6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS VÍAS ESTUDIADAS	68
6.2.1.1. Inventario vial	68
6.3. RESULTADOS MODELACIÓN.....	71
7. CONCLUSIONES	96
8. RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXOS.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio	29
Tabla 2. Datos de entrada y valores estimados requeridos para el análisis	39
Tabla 3. Hora pico de entrada por la autopista norte	49
Tabla 4. Hora pico en el desvió de la autopista norte.	50
Tabla 5. Hora pico entrada de la carrera séptima	50
Tabla 6. Hora pico desvió carrera séptima	51
Tabla 7. Hora pico total	51
Tabla 8. Análisis de resultados de aforos entrada por Autopista Norte	55
Tabla 9. Análisis de resultados de aforos desvió Autopista Norte	57
Tabla 10. Análisis de resultados de aforos entrada carrera séptima	59
Tabla 11. Análisis de resultados de aforos desvió carrera séptima	61
Tabla 12. Análisis de resultados de aforos total.....	63
Tabla 13. Inventario vial Autopista Norte	69
Tabla 14. Inventario vial Carrera Séptima.....	70
Tabla 15. Elementos analizados	72
Tabla 16. Flujo vehicular escenario 1 (vph)	76
Tabla 17. Nivel de servicio divergencia 1 en escenario 1	77
Tabla 18. Nivel de servicio divergencia 2 escenario 1	78
Tabla 19. Nivel de servicio divergencia3 escenario 1	79
Tabla 20. Nivel de servicio convergencia 1 escenario 1	80
Tabla 21. Tramo 1 escenario 1	83
Tabla 22. Tramo 2 escenario 1	83
Tabla 23. Tramo 3 escenario 1	83
Tabla 24. Tramo 4 escenario 1	84
Tabla 25. Tramo 5 escenario 1	84
Tabla 26. Tramo 6 escenario 1	84
Tabla 27. Tramo 7 escenario 1	84
Tabla 28. Flujo vehicular escenario 2 en Vph	87
Tabla 29. Nivel de servicio divergencia 1 escenario 2	88
Tabla 30. Nivel de servicio divergencia 2 escenario 2	88
Tabla 31. Nivel de servicio divergencia 3, escenario 2	89
Tabla 32. Nivel de servicio convergencia 1, Escenario 2.....	90
Tabla 33. Tramo 1, escenario 2	93
Tabla 34. Tramo 2, escenario 2	93
Tabla 35. Tramo 3, escenario 2	93
Tabla 36. Tramo 4, escenario 2	94
Tabla 37. Tramo 5, escenario 2	94
Tabla 38. Tramo 6, escenario 2	94
Tabla 39. Tramo 7, escenario 2	94
Tabla 40. Resultado Aforos vehiculares entrada Autopista Norte.....	101

Tabla 41. Resultado Aforos Vehiculares desvió Autopista Norte.....	103
Tabla 42. Resultado Aforos vehiculares Entrada por Carrera Séptima.....	104
Tabla 43. Resultados Aforos vehiculares Desvío Carrera Séptima	105
Tabla 44. Resultados Aforos vehiculares Totales	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones de flujo- velocidad para segmentos básicos de autopistas ..	36
Figura 2. Relaciones densidad – flujo para segmentos básicos de autopistas	36
Figura 3. Metodología para el análisis de segmentos básicos de autopistas	40
Figura 4. Puntos de aforo	48
Figura 5. Composición vehicular entrada por Autopista Norte	56
Figura 6. Hora de máxima demanda entrada por Autopista Norte	56
Figura 7. Composición vehicular en la desvió por la autopista norte	58
Figura 8. Hora máxima demanda total del desvió por la autopista norte	58
Figura 9. Composición vehicular en la entrada por la carrera séptima	60
Figura 10. Hora de máxima demanda en la entrada por la carrera séptima	60
Figura 11. Composición vehicular desvió carrera séptima.....	62
Figura 12. Hora de máxima demanda desvió carrera séptima	62
Figura 13. Composición vehicular total	64
Figura 14. Hora de máxima demanda total.....	64
Figura 15. Zona de divergencia 1	72
Figura 16. Zona de divergencia 2	73
Figura 17. Zona de divergencia 3	73
Figura 18. Zona de convergencia 1	74
Figura 19. Elementos analizados.....	75
Figura 20. Niveles de servicio de los elementos analizados escenario 1	81
Figura 21. Tramos en las vías de estudio	82
Figura 22. Nivel de servicio en los tramos para flujo libre escenario 1	85
Figura 23. Distribución vehicular promedio.....	86
Figura 24. Niveles de servicio en los elementos analizados, en el escenario 2.....	91
Figura 25. Niveles de servicio divergencias Escenario 2	92
Figura 26. Nivel de servicio escenario 2	95

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Factor hora máxima demanda	26
Ecuación 2. Hora pico entrada autopista norte	49
Ecuación 3. Hora pico desvió autopista norte	50
Ecuación 4. Hora pico entrada carrera séptima	50
Ecuación 5. Hora pico desvió carrera séptima.....	51
Ecuación 6. Hora pico total	51
Ecuación 7. Factor de máxima demanda.....	52
Ecuación 8. Factor de máxima demanda entrada autopista norte.....	52
Ecuación 9. Factor de máxima demanda desvió autopista norte.....	52
Ecuación 10. Factor de máxima demanda entrada carrera séptima	53
Ecuación 11. Factor de máxima demanda desvió carrera séptima.....	53
Ecuación 12. Factor de máxima demanda total.....	53
Ecuación 13. Volumen equivalente.....	53
Ecuación 14. Volumen equivalente entrada autopista norte	54
Ecuación 15. Volumen equivalente desvió autopista norte	54
Ecuación 16. Volumen equivalente entrada carrera séptima.....	54
Ecuación 17. Volumen equivalente desvió carrera séptima.....	54
Ecuación 18. Volumen equivalente total	54

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Software HCS2000	45
Imagen 2. Porcentaje por clasificación en la entrada por Autopista norte	66
Imagen 3 Porcentaje por clasificación desvió autopista norte	66
Imagen 4. Porcentaje por clasificación entrada carrera séptima.....	67
Imagen 5. Porcentaje por clasificación desvió carrera séptima	67
Imagen 6. Porcentaje por clasificación total del flujo	68
Imagen 7. Distribución vehicular en la divergencia 1 en escenario 1.....	77
Imagen 8. Distribución vehicular divergencia 2 escenario 1	78
Imagen 9. Divergencia 3 escenario 1.....	79
Imagen 10. Convergencia 1 escenario 1	80
Imagen 11. Distribución vehicular divergencia 1 escenario 2	87
Imagen 12. Distribución vehicular divergencia 2 escenario 2	88
Imagen 13. Distribución vehicular divergencia 3 escenario 2	89
Imagen 14. Distribución vehicular convergencia 1, Escenario 2.....	90
Imagen 15. Alcance proyecto ANI.....	99

INTRODUCCIÓN

La presente investigación está orientada al análisis del problema de movilidad presentado en los accesos de la zona norte de la ciudad de Bogotá, cuando se encuentra en ejecución la operación retorno. Esta es una medida tomada por los entes reguladores del tráfico en la ciudad, en donde se restringe el paso de vehículos desde la vía La Caro – Bogotá hacia la Autopista Norte, con el fin de enviar dicho tráfico por el reversible de la Carrera 7ma, implementado en la misma medida.

Una de las características principales, por las que se ha generado el estudio es la congestión vehicular presentada en los periodos en donde es implementada la medida, provocando tráfico, embotellamientos e inconformidades de los usuarios que circulan con estas vías.

Para analizar este problema fue necesario realizar una descripción de las vías en estudio, así como una caracterización del tráfico vehicular que circula por la zona en los horarios mencionados, esto con el fin de obtener los niveles de servicio presentados por los trayectos en sus puntos críticos.

Se desarrollaron tres fases. En la primera fase se recopiló la información necesaria para el análisis de capacidad y niveles de servicio, mediante aforos vehiculares en 5 puntos, tres de estos cinco puntos son en ingresos a la ciudad de Bogotá, y los otros dos un retorno, una vez realizados los aforos se procedió a calcular los factores de máxima demanda y la distribución vehicular de las vías en estudio, en la segunda fase se realizó un recorrido en los tramos de estudio y se realizó un inventario vial, donde se reunió toda la información de señales de tránsito verticales, posteriormente se realizó el plano de señalización vial (anexo B) y los planos de ancho de carril, también se realizaron los cálculos correspondientes a la distribución vehicular con su respectivo plano (anexo C), en la tercera fase, ya con todos los

datos necesarios calculados, se procedió a realizar la modelación en el Software HCS 2000, donde nos proyectó los niveles de servicio dependiendo las características de cada modelación, se realizó una comparación entre dos escenarios, escenario 1, con la implementación del plan retorno y un escenario 2, sin la implementación del plan retorno, luego se volvió a modelar en el software HCS 2000 y se determinó en nivel de servicio para cada escenario en las condiciones reales según los datos capturados en los aforos y se procedió a llegar a la conclusión final

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El plan retorno en la ingeniería se define como la organización y el procedimiento para el regreso al lugar de origen de personas en vehículos motorizados terrestres durante los fines de semana o culminaciones de vacaciones. El plan retorno lo que busca esencialmente es la descongestión del ingreso o salida de un lugar congestionado por vehículos, adquiere la capacidad de modificar la operación en la vía según los criterios de los ingenieros, tales como cerrar vías de circulación, realizar reversibles en las vías afectadas, cerrar vías de ingresos principales, entre otras. Se define como reversible a “medida especial de manejo del tránsito vehicular, que consiste en habilitar el tránsito vehicular en un solo sentido de circulación, a lo largo de un tramo de vía de doble calzada, restringiendo la circulación de los vehículos que vienen en sentido contrario. Esta medida se aplica por un periodo de tiempo determinado por la autoridad de tránsito competente, con base en el comportamiento de la movilidad vehicular.”¹

Existen varias operaciones retorno en la ciudad de Bogotá, los cuales están ubicados en diferentes puntos de entrada de la misma como lo son: el plan retorno en la entrada Soacha-Bogotá, plan retorno de la calle 80, plan retorno de la calle 13, y el que se evaluará en la zona norte de la capital colombiana.

Las acciones que se toman antes, durante y después de un plan retorno no son decisiones al azar, las medidas ejecutadas fueron estudiadas y analizadas por expertos en movilidad, aunque la efectividad de un plan retorno no siempre se alinea a sus medidas de ejecución, también dependen de factores tales como clima, accidentalidad en las vías, y distintos factores que influyen de manera directa en la implementación de un plan retorno.

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0002307 (12, agosto, 2014). Por la cual se establecen medidas para la regulación del tráfico vehicular tendientes a garantizar la movilidad en las vías del país y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2014. p2

El estudio técnico del plan retorno implementado en la zona norte de Bogotá se realizará debido a una inconformidad con las medidas tomadas por el ente correspondiente, que no contribuyen de manera significativa a la solución de la congestión en la entrada de Bogotá.

La carrera séptima en este tramo está afectada por desniveles causados por los arboles aledaños a la vía, tiene constantes arreglos temporales y esto hace un ingreso incómodo e ineficiente.

El problema planteado da como resultado una pregunta orientadora para el desarrollo del proyecto, ¿Cómo afecta el plan retorno de la zona norte de Bogotá, la movilidad de la autopista norte?

2. JUSTIFICACIÓN

La generación de estudios que permitan dar una mirada del estado actual de la movilidad en la ciudad de Bogotá, ofrecen ampliar el conocimiento de los problemas presentados en cuanto a esta materia se refiere en la ciudad.

Es conocido que la ciudad afronta problemas de movilidad presentados en la mayoría de sus vías, dichos problemas se ven acrecentados en ciertos periodos de tiempo en los cuales la afluencia de usuarios se ve incrementada por diferentes circunstancias; al comenzar los fines de semana se presenta un fenómeno conocido como *éxodo* o salida de la ciudad, en donde la congestión se presenta en las rutas de salidas de la capital, en el sentido contrario, los días domingos se observa el retorno de los habitantes, es así como estos días para los sectores de las fronteras de Bogotá se ven afectadas presentando retrasos en los tiempos de viaje.

Esta investigación permite la observación de los problemas de movilidad presentados en la zona norte de Bogotá, en días en los que se presenta una de las situaciones más críticas que tiene el sector (días domingos), es evidente en todas las zonas el problema de congestión presentado durante estos días en el ingreso a la capital, tal es así que la Secretaria de Movilidad intentando dar solución, implementa medidas de contingencia en puntos estratégicos de acceso, como lo es la llamada “operación retorno”, medida ejecutada por la Policía de Tránsito quien según El Parágrafo 2 del artículo 6 de la Ley 769 donde se establece que le corresponde a la Policía Nacional en su cuerpo especializado en carreteras el control de las normas de tránsito y la aplicación del Código de Tránsito en todas las carreteras nacionales por fuera del perímetro urbano de los municipios y distritos.

Es así como en el ingreso en el sector norte de Bogotá D.C. se opta por realizar cierres temporales en la autopista norte a la altura de la vía LA CARO-BOGOTÁ con el fin de desviar el flujo del tránsito hacia el ingreso por la Carrera Séptima, que a

su vez empieza a utilizar todos sus carriles en el sentido norte – sur, utilizando así, la medida de reversible para el carril que normalmente opera en el sentido contrario.

Según la Secretaria de Movilidad “Las medidas de mitigación del riesgo involucran acciones pedagógicas, de persuasión, control, corresponsabilidad, autorregulación y cultura en movilidad ciudadana sobre los puntos y sectores con problemas de ascenso y descenso de pasajeros”². Refiriéndose así al desarrollo y buena implementación de la operación retorno, en donde se explica que para que estas acciones cumplan con su cometido, es necesario un trabajo conjunto entre el usuario y los entes reguladores del tráfico.

Por medio de esta investigación, se plantea la posibilidad de estudiar el funcionamiento de esta medida para el sector mencionado, que se espera brinde como resultado, determinar si dichas acciones son una buena alternativa para el problema de movilidad del sector. Finalmente, busca aportar al conocimiento de la problemática afrontada, para la implementación de medidas que permitan una solución adecuada y óptima, por el bienestar de los usuarios que utilizan las vías de estudio.

² ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. Plan de movilidad para los días santos. [en línea]. <<http://www.bogota.gov.co/article/plan-de-movilidad-para-los-d%C3%ADas-santos>>. [citado en 9 de abril de 2016].

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL.

Analizar el impacto que tiene plan retorno de la zona norte de Bogotá, en la movilidad del sector por el cierre de la Autopista Norte a la altura de la vía La Caro-Bogotá

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la capacidad vehicular de las vías que ingresan en la zona norte de la ciudad de Bogotá D.C.
- Describir las condiciones de las vías involucradas en el plan retorno de la autopista norte cuando este está activo.
- Calcular el nivel de servicio prestado por las vías estudiadas, en días domingo.
- Determinar el comportamiento de las vías de ingreso a la ciudad, si no existiera la restricción del plan retorno.

4. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

4.1. Antecedentes investigativos

En Ecuador, la provincia de Valle de Los Chillos en inicio de clases escolares del año 2006 se tenía previsto un incremento vehicular entre 20% y 45% esto a causas del fin de la época de vacaciones y reingreso escolar, como acción preventiva implementaron 6 diferentes medidas para descongestionar³ la demanda de vehículos sobre las calles y así tener un transporte de calidad, estas seis medidas comprenden:

- Contraflujos: La aplicación de la unidireccionalidad del tránsito vehicular en horas pico.
- Uso de las vías: El control a los mal estacionados para disminuir la congestión.
- Semaforización: La unificación del sistema de semáforos para mejorar la circulación.
- Las Paradas: La implementación y control de un sistema de paradas de buses.
- Horarios: Un horario diferenciado para el ingreso y salida de los estudiantes.
- Control: Los operativos de la Policía Nacional en horas pico y en días de mayor congestión vehicular.

Los efectos de estas 6 medidas dan como resultado en su primera semana un excelente plan de manejo de tránsito, en la primera semana de estudio según reportes de la policía local, hubo un incremento del 35% en el flujo vehicular.

³ Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (Emmop). [en línea]. <<http://www.panchonet.net/index.php/component/content/article/28-animacion--multimedia/2381--6-medidas-para-mejorar-el-transito>> [citado en 19 de mayo de 2016].

En la segunda semana de estudio, un análisis de tiempo-distancia, logro evidenciar un incremento de 8-10 minutos en el trayecto desde el peaje del valle de Los Chillos hasta la intersección de las avenidas Patria y 6 de Diciembre(11.7 km Aprox.), además una disminución en la velocidad promedio, esta paso de 15km/h a 12km/h.

Según culmino esta investigación, los expertos en tránsito concluyeron que son medidas que se tienen que extender, el objetivo es ir mejorando estructuralmente el transporte público, con rutas integradas, planificación territorial, entre otras.

Son medidas coyunturales, la idea es perfeccionar cada uno de los 6 parámetros básicos de cambio y poco a poco se verán resultados favorables.

➤ Contraflujos

En Quito se aplican cinco contraflujos: en los túneles de la av. Mariscal Sucre, en la av. 5 de Junio, en el túnel Guayasamín, en la calle Venezuela y en la autopista Rumiñahui. Según Freddy Paredes, experto en movilidad, esta es una medida de mitigación que no ayuda a solucionar la congestión vehicular.

Para él, una forma de aplacar la congestión es potencializando los sistemas de transporte masivo y con planificación territorial. La unidireccionalidad de las vías es aplicada en horas pico desde 2006, por la Policía Nacional. Según esta institución, su aplicación es adecuada porque da mayor fluidez a los vehículos que circulan de sur a norte, en la mañana y viceversa, en la tarde y noche.

➤ Uso de las vías

Otra de las propuestas para mejorar la movilidad en el Distrito es el control a los mal parqueados y a quienes no respetan el espacio de los peatones. Esta iniciativa arrancó el año anterior. El Municipio y la Policía retiran con grúas los vehículos que

no respetan el espacio público y cobran una multa de USD 109.

Esto ha generado el rechazo de los conductores, quienes se quejan por la falta de señalización y por el alto valor de la multa. Se aplica en el norte de la urbe, mientras que en el sur el control es escaso. Sin embargo, para el Municipio y la Policía esta medida ayuda a descongestionar las calles. Para Paredes, estos controles aumentan la capacidad vial, pero aún es necesario que se extienda a toda la ciudad.

➤ SemafORIZACIÓN

Hasta febrero de este año, en la ciudad había 751 intersecciones semaforizadas. De ellas, 365 son administradas por el Municipio y 386 por la Policía. El problema, según Jesús Gómez, asesor técnico en educación y seguridad vial de Aneta, es que los semáforos de los dos sistemas están mal sincronizados, algunos están mal ubicados y no hay mantenimiento.

Por eso, Patricio Ubidia, presidente de la Comisión de Movilidad del Municipio, planteó la unificación de los semáforos en un solo sistema. Gómez dice que los ciclos de los semáforos deben estar sincronizados, en función de la demanda del flujo vehicular. Con esto se puede lograr la uniformidad en la velocidad de circulación.

➤ Las Paradas

En la ciudad existen 485 señales verticales que indican los sitios de parada del transporte urbano. Para Jesús Gómez, experto en educación y seguridad vial, el irrespeto de las paradas se debe a que ni los conductores ni los pasajeros tienen un sistema completo de paradas señaladas.

Para que las paradas de bus logren mejorar la circulación vehicular en la ciudad, el experto señala que deben ser ubicadas de acuerdo con un estudio técnico de la demanda. Además, la norma internacional recomienda que el usuario no debería caminar más de 150 metros hacia una parada. José Santamaría, de la Cámara de Transporte de Quito, asegura que hacen falta infraestructura y educación.

➤ Horarios

Lo que pretende la propuesta, hecha por el alcalde Augusto Barrera y el concejal Patricio Ubidia, es evitar que la hora de movilización del sector laboral coincida con la de los estudiantes. Por su parte, el concejal Patricio Villamar, de la Comisión de Educación del Cabildo, la propuesta podría mejorar la movilidad al distribuir los flujos vehiculares en diferentes horarios.

Esto favorecería a los transportistas que tendrían dos horarios de alta demanda y se podría racionalizar el uso del transporte privado. El transporte escolar también se beneficiaría pues entraría a circular en horas de menos congestión. No obstante, el horario extendido podría afectar a los profesores que mantiene dos trabajos en el día.

➤ Control

El primer día de clases de este año no causó mayores complicaciones al tránsito porque se aplicaron controles en puntos y horarios estratégicos. La instauración de este plan de manera permanente es otra de las propuestas planteadas para mejorar el tránsito. No obstante, expertos en movilidad señalan que si bien estas medidas ayudan a organizar el tránsito, no constituyen soluciones a largo plazo.

Para el experto Rodrigo Torres lo que hace falta para mejorar el tránsito es la planificación y programación de obras para construir las redes viales expresa y arterial. Esto aseguraría una correcta gestión de suelo que canalice y distribuya los flujos de tránsitos actuales y futuros.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO CONCEPTUAL

5.1.1. Generalidades

En una corriente de tránsito, dentro de un sistema vial, funciona aceptablemente bien cuando la magnitud del flujo, circulando a una velocidad razonable, es menor que la capacidad del sistema ; en otras palabras cuando el sistema tiene la suficiente capacidad (oferta) para alojar el flujo vehicular presente (demanda), sin demoras excesivas para los usuarios. Igualmente se estableció que cuando los valores de los flujos vehiculares están muy próximos a los de la capacidad, el tránsito se torna inestable y la congestión se hace presente. Más aun los flujos vehiculares inferiores a la capacidad, que circulan a velocidades bajas y condiciones altas, presentan condiciones de operación forzada, que incluso pueden llegar a detenciones momentáneas del tránsito, produciendo niveles bajos de operación.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no solo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones de operación sujetas a dispositivos de control y al medio circulante.

Así mismo, no puede tratarse la capacidad de un sistema vial sin hacer referencia a otras consideraciones que tiene que ver con la calidad del servicio proporcionado. Por lo tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial al mismo tiempo es un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia (cuantitativo) y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

5.1.2. Principios y conceptos generales.

5.1.2.1. *Concepto de capacidad vial*

En las fases de planeación, estudio y proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, en su capacidad y oferta.

Teóricamente la capacidad (q_m) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle, de manera particular la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que este es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

La infraestructura vial, sea esta una carretera o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos y señales de alto que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, independientemente de la cantidad de vehículos, tales como los semáforos, las intersecciones de prioridad con señales de alto y ceda el paso, y otros tipos de regulación.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad y calidad de operación.

Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de capacidad, es estimar el máximo número de vehículos que un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad de un periodo específico.

A su vez, mediante los análisis de capacidad, también se estima la máxima cantidad de vehículos que el sistema vial puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, introduciéndose aquí el concepto de nivel de servicio.

5.1.2.2. Concepto de nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los motoristas. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la convivencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimiento de entrecruzamiento o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamiento las pendientes, etc.

5.1.2.3. Condiciones prevalecientes

Es necesario tener en cuenta el carácter probabilístico de la capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante dado a su vez, como la definición misma lo expresa, la capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican; estos se agrupan en tres tipos generales.

5.1.2.4. Condiciones de la vía o la infraestructura

Las condiciones que afectan a la vía comprenden las condiciones geométricas y los elementos del proyecto. Estos factores son los siguientes:

- El tipo de vía y el medio urbanístico en que está inmersa.
- La anchura de carril.
- El ancho de las bermas y los despejes laterales.
- La velocidad de proyecto.
- El alineamiento horizontal y el alineamiento vertical.
- La disponibilidad de espacio para esperar en cola en las intersecciones.

5.1.2.5. Condiciones del tránsito

Las condiciones del tránsito que influyen la capacidad y los niveles de servicio son el tipo de vehículo y las distribuciones de los vehículos entre carriles.

Se definen como vehículos pesados aquellos que tienen más de cuatro ruedas sobre el pavimento. Se agrupan en tres categorías: camiones, vehículos recreativos y autobuses.

Además de la composición vehicular, se tiene en cuenta el reparto por sentidos de circulación, que es especialmente crucial en vías de dos carriles, donde las condiciones ideales se producen cuando la distribución es 50/50 (50% en cada sentido). La distribución entre carriles y entre calzadas en estructuras multicarril y autopistas es importante, ya que en estos casos el análisis se hace en forma independiente para cada sentido de circulación.

5.1.2.6. Condiciones de control

En vías para circulación continuas el control y normas que afectan significativamente la capacidad y los niveles de servicio, como la justificación de estacionar las restricciones para el rebase, la prohibición de giros, los sentidos de circulación permitidos.

5.1.3. Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio

Los factores externos que afecta el nivel de servicio, son como físicos, pueden ser medidos e una hora conveniente. En cambio los factores internos, por ser variables, deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo, como por ejemplo el factor de la hora de máxima demanda. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso, para tomar esto en cuenta, es conveniente determinar la proporción del flujo para un periodo máximo dentro de la hora de máxima demanda, usualmente se acostumbra a un periodo de 15 minutos.

Ecuación 1. Factor hora máxima demanda

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * (Q_{15 \max})}$$

Donde:

FHMD = factor de la hora de máxima demanda.

VHMD = volumen horario de máxima demanda.

$Q_{15 \max}$ = volumen máximo durante 15 minutos.

El HCM 2000 reporta para autopistas, en condiciones base o ideales, capacidades hasta de 2400 vehículos livianos/hora/carril⁴, A su vez, dicho manual para carreteras rurales y suburbanas de carriles múltiples, establece como capacidad ideal o base para este tipo de carreteras el valor de 2200 vehículos/hora/carril.

Para una interpretación uniforme y ordenada metodológicamente se establecerán los siguientes criterios.

- El flujo y la capacidad, bajo condiciones prevalecientes, se expresan en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la carretera o calle.
- El nivel de servicio se aplica a un tramo significativo de la carretera o calle. Dicho tramo puede variar en sus condiciones de operación, en diferentes puntos, debido a variaciones en el flujo de vehículos o en su capacidad. Las variaciones en capacidad provienen de cambios en anchura, por pendientes, por restricciones laterales, por intersecciones, etc.
- Los elementos usados para medir la capacidad y los niveles de servicio son variables, cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles, por lo que corresponde a capacidad.

⁴ MOZO SÁNCHEZ, José, Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000, Bogotá, 2016, P 44.

5.1.3.1. Segmentos básicos de autopistas







Son secciones de dos o más carriles por sentido con control total de accesos, que no son afectados ni por los movimientos de convergencia o divergencia en rampas de enlace cercanas ni por maniobras de entrecruzamiento

5.1.3.2. Nivel de servicio

El nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo. “Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de flujo vehicular o personas y de su percepción por los conductores o pasajeros”⁵. Estas condiciones se describen en términos de factores como la velocidad y el tiempo recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la comodidad, las conveniencias y la seguridad vial

⁵ Ibid., p.355

Tabla 1. Niveles de servicio

Nivel de servicio	Imagen	Descripción
A		<p>Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Alta libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón, es excelente.</p>
B		<p>Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas, siguen relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. el nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los de nivel ya mencionado. Porque la presencia de otros comienza a influir.</p>
C		<p>Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios, la selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.</p>
D		<p>Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable, la velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos de flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.</p>
E		<p>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 un vehículo o peatón 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.</p>
F		<p>Representa condiciones de flujo forzado, esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de paradas y arranque, extremadamente inestables.</p>

Fuente: MOZO SÁNCHEZ, JOSÉ, Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000, Bogotá, 2016, P 44.

5.1.4. Características básicas

Las características básicas que suponen un buen estado del tiempo, buena visibilidad y ningún evento o accidente, se estiman para un conjunto de condiciones base o ideales definidas como:

- Carriles con anchura mínima de 3.6mt
- Mínima distancia libre lateral de 1.8mt en el acotamiento derecho entre el borde de la calzada y el obstáculo u objeto más cercano que influye en la conducta del tráfico
- Mínima distancia libre lateral en la faja separadora centras de 0.6mt
- Espaciamiento entre intercambiadores cada 3 kilómetros o más.
- Terreno plano con pendientes inferiores el 2%

Las condiciones base representan un alto nivel de operación con velocidades a flujo libre de 90 km/h o más. Cualquier condición prevaleciente que difiera de la condición base, ocasiona reducciones en la capacidad y los niveles de servicio.

5.2. CARRETERAS DE DOS CARRILES

5.2.1. Generalidades

Se presenta un análisis operativo de dos vías y segmentos direccionales de carreteras de dos carriles. Bidireccional segmentos pueden incluir secciones más largas de dos carriles carretera con secciones transversales homogéneos y los volúmenes de demanda relativamente constantes y vehículo se mezcla sobre la longitud del segmento. Bidireccional segmentos pueden estar ubicados en el nivel o terreno ondulado. Carreteras de dos carriles en terreno montañoso o con calificaciones de 3 por ciento o más para longitudes de 1,0 km o más no pueden analizarse como segmentos de dos carriles. En lugar, que se analizan como

mejoras o degradaciones específicas. Las medidas de desempeño para el bidireccional metodología segmento se aplica a ambos sentidos de la marcha combinados. Segmentos direccionales portadores de un sentido de la marcha en una carretera de dos carriles secciones transversales homogéneos y relativamente constante el volumen de la demanda y la mezcla vehículo. Cualquier segmento de carretera puede ser evaluado con el procedimiento segmento direccional, pero análisis separado por sentido de la marcha es particularmente apropiado para pendientes pronunciadas y para segmentos que contienen líneas de pase.

5.2.2. Capacidad

La capacidad de una carretera de dos carriles es de 1,700 pc / h para cada sentido de la marcha. La capacidad es casi independiente de la distribución direccional de tráfico en la instalación, excepto que durante períodos prolongados de carretera de dos carriles, la capacidad no excederá de 3.200 pc / h para ambos sentidos de la marcha combinados. Para longitudes cortas de la carretera de dos carriles, tales como túneles o puentes de una capacidad de 3.200 a 3.400 pc / h para ambos sentidos de la marcha combinada objetivo se puede alcanzar, pero no se puede esperar durante un período prolongado.

5.2.3. Clasificación de carreteras dos carriles

Las carreteras de dos carriles se clasifican en dos clases para el análisis:

5.2.3.1. Clase I

Estas son las carreteras de dos carriles sobre las que los automovilistas esperan viajar a velocidades relativamente altas. Carreteras de dos carriles que son las principales rutas interurbanas, primarias arterias que conectan los principales generadores de tráfico, rutas de cercanías diarias, o enlaces primarios en redes

estatales o carretera nacional en general, se asignan a las instalaciones de Clase I. Clase I más a menudo servir viajes de larga distancia o proporcionar enlaces de conexión entre las instalaciones que servir a los viajes de larga distancia.

5.2.3.2. Clase II

Estas son las carreteras de dos carriles sobre los que los automovilistas no necesariamente esperar viajar a altas velocidades. Carreteras de dos carriles que funcionan como vías de acceso a instalaciones Clase I, sirven como rutas escénicas o recreativas que no son arterias primarias, o pasar a través de un terreno accidentado por lo general se asignan a la clase II. Instalaciones de clase II más a menudo sirven viajes relativamente cortos, el principio y las partes que terminan de viajes más largos, o viajes de turismo para el que juega un papel importante.

5.2.4. Niveles de servicio en carretera de dos carriles

En las carreteras de la Clase I, una movilidad eficaz es de suma importancia, y el nivel de servicio se define en términos de velocidad de desplazamiento tanto tiempo gastado por ciento y después de media, y está definido según la densidad vehicular.

En la clase II carreteras, la movilidad es menos crítica, y el nivel de servicio solamente está definido en términos de porcentaje tiempo- gastado siguiente, sin tener en cuenta la velocidad media de viaje.

Los conductores tolerarán los niveles más altos de tiempo pasaron por ciento de seguimiento en una instalación de clase II que en una Clase I instalación, porque las instalaciones de clase II suelen servir viajes más cortos y diferentes propósitos de viaje.

5.3. RAMPAS

Son aquellos sectores de la autopista en los cuales una rama de entrada o de salida se une con aquella. La unión formada en ese sector constituye una zona de turbulencia debido a la concentración de vehículos que se unen o separan y cuya velocidad difiere de la mantenida por los vehículos que circulan por la autopista.

5.3.1. Términos de Capacidad de Autopistas

A continuación se presentan algunos términos básicos en el análisis de Capacidad y Nivel de Servicio para Segmentos Básicos de Autopista.

- Capacidad de autopista: el máximo volumen sostenido en 15 minutos, expresada en vehículos de pasajeros por hora por carril (veh p/h/carril), que puede ser acomodado por un segmento uniforme de autopista bajo condiciones prevalecientes de tráfico y calzada en una dirección de flujo.
- Características de tráfico: cualquier característica de la corriente de tráfico que pueda afectar la Capacidad, la velocidad a flujo libre o las operaciones, incluyendo la composición porcentual de la corriente de tráfico por tipo de vehículo y la familiaridad de los conductores con la autopista.
- Características de la autopista: las características geométricas del segmento de autopista bajo estudio, incluyendo el número y ancho de carriles, la distancia lateral al hombro derecho, el espacio de intercambiadores, la alineación vertical y las configuraciones del carril.
- Velocidad a Flujo Libre (FFS): la velocidad media de los vehículos de pasajeros que pueden ser acomodados bajo condiciones de flujo moderadas en un segmento uniforme de autopista bajo las condiciones prevalecientes de la autopista y el tráfico.

- Condiciones base: se asumen una serie de condiciones geométricas y de tráfico como punto de partida para calcular la Capacidad y el Nivel de Servicio.
- El análisis de la Capacidad se basa en segmentos de autopista con condiciones de tráfico y calzada uniformes. Si cualquiera de las condiciones prevalecientes cambia significativamente, la Capacidad del segmento y sus condiciones de operación cambiarán también. Por lo tanto, cada segmento uniforme deberá ser analizado por separado.

5.3.2. Características de flujo

El flujo de tráfico dentro de los segmentos básicos de autopistas puede ser muy variado dependiendo de las condiciones de constricción del flujo; Los cuellos de botella pueden ser causados por la rampa de unión y segmentos de trenzado, reducción de carriles, mantenimiento, actividades de construcción, accidentes, u objetos en la autopista.

El flujo de tráfico dentro de un segmento básico de autopista puede ser clasificado en tres tipos de flujo:

Cada tipo de flujo se define dentro de los rangos generales de velocidad y densidad de flujo, y cada uno representa condiciones diferentes en la autopista.

- **El flujo no saturado:** Representa flujo de tráfico que no es afectado por las condiciones que afectan el cuello de botella. Este régimen generalmente se define dentro de un rango de velocidad que va de 90 a 120 km/h en tasas de flujo bajo a moderado y un rango de 70 a 100 km/h en tasas de flujo alto.

- **Flujo en cola:** de descarga representa flujo de tráfico que acaba de pasar a través de un cuello de botella y se está acelerando de nuevo a la velocidad de flujo libre de la autopista. Este tipo de flujo generalmente se define en un estrecho rango de 2,000 a 2,300 veh/hora/carril, con velocidades que van normalmente de 55 km/h hasta la *velocidad a flujo libre* del segmento de autopista.
- **El flujo sobresaturado:** representa flujo de tráfico que es influenciado por los efectos de un flujo sobresaturado en el cuello de botella. Las colas pueden extenderse varios kilómetros. Las colas de la autopista se diferencian de las colas en intersecciones en que no son estáticas o “paradas”, en autopistas, los vehículos se mueven lentamente a través de una cola, con periodos de paradas y movimiento.

5.3.3. Relaciones Velocidad - Flujo y Densidad – Flujo

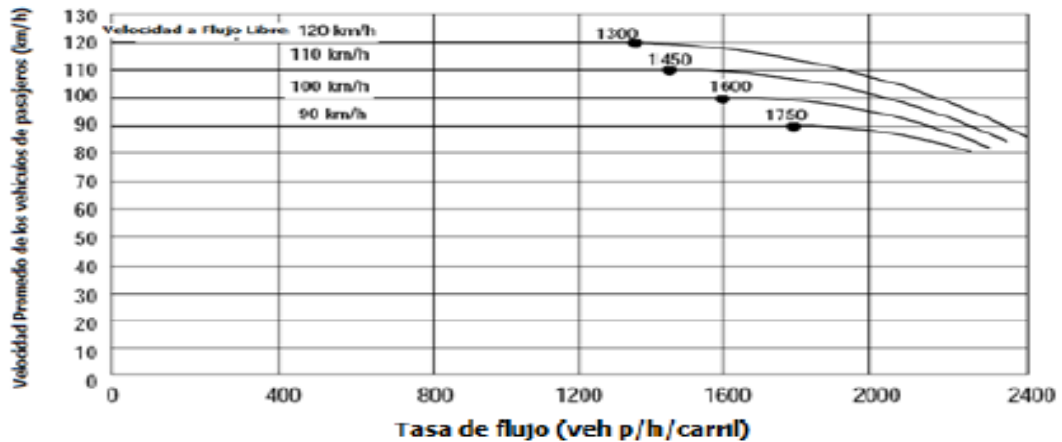
Las relaciones Velocidad – Flujo y Densidad – Flujo para un típico segmento básico de autopista bajo las condiciones base u otras en donde la *velocidad a flujo libre* se conoce, se muestran en la figura 1

Todos los estudios recientes indican que la velocidad en autopistas es insensible a fluir de un rango bajo a moderado. Esto se ve reflejado en la Figura 2, que muestra velocidad constante para flujos de hasta 1,300 veh p/h/carril para una velocidad a flujo libre de 120 km/h⁶. Para velocidades a flujo libre inferiores, la región sobre la cual la velocidad es insensible a fluir se extiende a volúmenes más altos. La velocidad a flujo libre se mide en campo como el promedio de velocidades de

⁶ UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO. metodologías. [en línea]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A7.pdf?squence=7> [citado el 20 de septiembre]

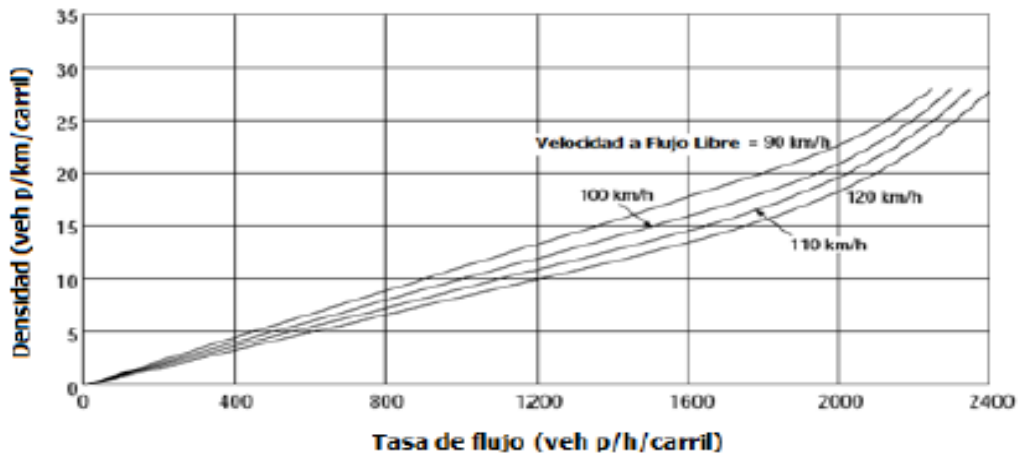
vehículos de pasajeros cuando el volumen es menor que 1,300 veh p/h/carril. La determinación de la velocidad a flujo libre en campo se logra al realizar estudios de tiempos de viaje o estudios de velocidad puntual durante periodos de flujo bajos y densidades bajas.

Figura 1. Relaciones de flujo- velocidad para segmentos básicos de autopistas



Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, HMC 2000.

Figura 2. Relaciones densidad – flujo para segmentos básicos de autopistas



Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, HMC 2000

5.3.4. Factores que afectan la velocidad a flujo libre

La velocidad a flujo libre de una autopista depende de las condiciones del tráfico y de la autopista en sí misma. Estas condiciones se describen a continuación.

5.3.4.1. Ancho de Carril y Distancia Lateral Libre

Cuando el ancho de los carriles es menor a 3.6 m, los conductores se ven forzados a viajar más cerca el uno del otro de lo que normalmente desearían. Los conductores tienden a compensar esto mediante la reducción de su velocidad de viaje.

5.3.4.2. Número de carriles

El número de carriles de un segmento de autopista influye en la *velocidad a flujo libre*. Como aumenta el número de carriles, también la oportunidad de los conductores para evitar el movimiento lento del tráfico. En una autopista de conducción típica, el tráfico tiende a ser distribuido a través de los carriles de acuerdo a la velocidad. El tráfico en el carril central en general se mueve más rápido que en el carril adyacente al hombro derecho. Por lo tanto, una autopista de cuatro carriles (dos carriles por sentido) ofrece menos oportunidad a los conductores para moverse por el tráfico más lento de lo que lo hace una autopista con 6, 8 o 10 carriles. La disminución en la maniobrabilidad tiende a reducir la velocidad promedio de los vehículos

5.3.4.3. Densidad de intercambiadores

Los segmentos de autopista con intercambios cercanos, como los desarrollados en áreas urbanas, operan a velocidades de flujo libre menores que las autopistas suburbanas o rurales donde los intercambios son menos frecuentes. La unión y el trenzado asociados con intercambios afectan la velocidad del tráfico. Las velocidades generalmente disminuyen con el aumento de la frecuencia de intercambios. El intercambio ideal promedio en un tramo bastante largo de la autopista (de 8 a 10 kilómetros) es a 3 kilómetros o más. El intercambio mínimo promedio posible considerado en una longitud considerable de autopista es de 1 kilómetro.

5.3.4.4. Vehículos de Pasajeros Equivalentes

El concepto de vehículo equivalente se basa en las observaciones de las condiciones de la autopista en donde la presencia de vehículos pesados, incluyendo camiones, autobuses y vehículos recreacionales (RVs), crea menos que las condiciones base. Las menores condiciones incluyen grandes y más frecuentes espacios de longitud excesiva en ambas partes, en frente y detrás de los vehículos pesados. También, la velocidad de los vehículos en los carriles adyacentes puede ser afectada generalmente por estos movimientos lentos de vehículos grandes. Por último, el espacio físico ocupado por un vehículo grande es de dos a tres veces mayor en términos de longitud de lo que ocupa un vehículos de pasajeros típico.

5.3.5. Datos de entrada y valores estimados requeridos para el análisis

Tabla 2. Datos de entrada y valores estimados requeridos para el análisis

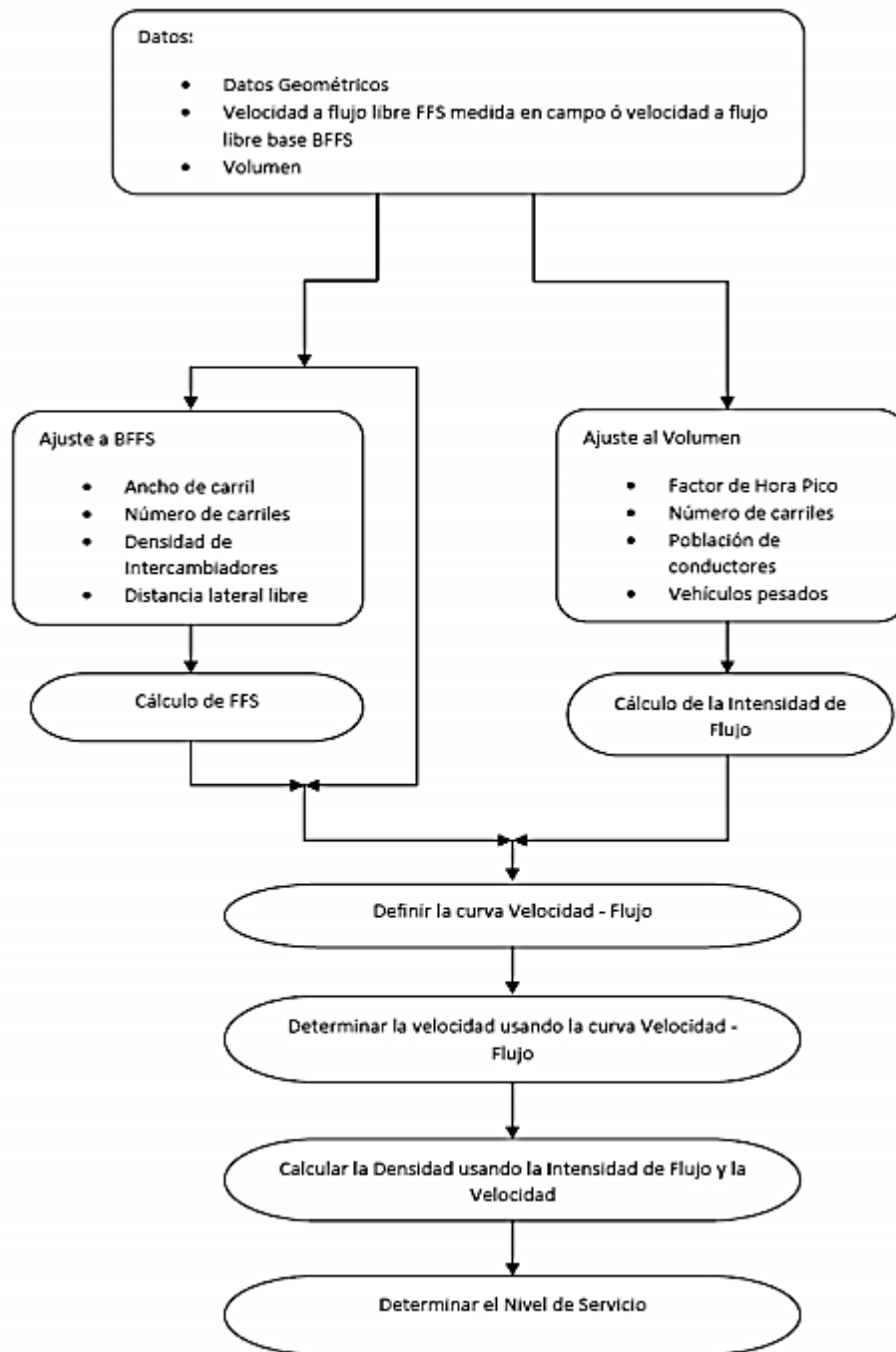
Datos necesarios	Valores por defecto
Datos Geométricos	
Número de carriles	-
Ancho de carril	3.6 m
Distancia lateral libre	3.0 m
Densidad de intercambiadores	-
Pendiente específica o terreno general	Nivel
Velocidad a flujo libre BASE	120 km/h rural, 110 km/h urbana
Datos de demanda	
Periodo de análisis	15 minutos
Factor de hora pico	0.88 rural, 0.92 urbana
Porcentaje de vehículos pesados	10 % rural, 5 % urbana
Factor por tipo de conductor	1.00

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual. HCM2000

5.3.6. Análisis operacional

La imagen muestra la entrada y el orden de cálculo de la metodología, cuyo resultado principal es el Nivel de Servicio.

Figura 3. Metodología para el análisis de segmentos básicos de autopistas



Fuente: TRB, Highway Capacity Manual. HCM2000.

5.4. MARCO GEOGRÁFICO

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolla en un tramo vial del municipio de Chía y de la ciudad de Bogotá, a continuación, se describen algunas características de estos sectores.

5.4.1. Chía.

El municipio de Chía, del departamento de Cundinamarca, se encuentra ubicada en las coordenadas geológicas 4°51'48"N 74°03'10"O, está situada en la Sabana de Bogotá, sobre el altiplano Cundiboyacense (cordillera Oriental de los Andes), a una altitud de unos 2562 msnm. Tiene un área total de 17 km² en su área urbana y un área total de aproximadamente 79 km², se localiza 10 kilómetros al norte de la ciudad de Bogotá D.C.⁷

La zona de estudio para este proyecto se encuentra ubicado en el puente La caro, en el municipio de Chía, a unos 5 km al norte de la ciudad de Bogotá, a su alrededor se encuentran sitios de interés público e interés turístico, como el castillo Marroquín, el Colegio Jorbalan y la Clínica universitaria Teletón.

5.4.2. Bogotá D.C.

La ciudad de Bogotá D.C., se constituye en el principal centro geográfico, político, industrial, económico y cultural del país. Es sede del Gobierno y la más extensa de las ciudades de Colombia. Aquí se concentra el 17%, se encuentra ubicada en las coordenadas 4°35'56"N 74°04'51"O, posee una altitud media de 2630 msnm⁸, una altitud máxima de 3575 msnm y una altitud mínima de 2540 msnm, sobre el altiplano

⁷ MUNICIPIOS, CHIA - CUNDINAMARCA, [en línea]

<http://www.municipios.com.co/cundinamarca/chia> [citado el 21 de septiembre de 2016]

⁸ UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Características [en línea] <https://www.udistrital.edu.co/universidad/colombia/bogota/caracteristicas/> [citado el 21 de septiembre de 2016].

cundiboyacense, tiene un área total de 1776 km² y un área urbana de 307 km², tiene una longitud de 33 km de sur a norte, y 16 km de oriente a occidente

5.5. MARCO LEGAL

Resolución 2307 de 12 de agosto de 2014⁹, “Por la cual se establecen medidas para la regulación del tráfico vehicular tendiente a garantizar la movilidad en las vías del país y se dictan otras disposiciones”, el plan retorno nace como medida de implementación a la resolución anteriormente mencionada, ejecutándose en las fechas de mayor afluencia de tráfico en las zonas de ingreso a la ciudad de Bogotá.

Las medidas tomadas para el ingreso se ejecutan en las mismas avenidas y en los mismos horarios cada puente festivo en donde se ejecutan estos planes, las avenidas usadas son:

1. Calle 13 con Carrera 132 – Parador Suizo.
2. Autopista Sur – Portal Sur.
3. Autopista Norte con calle 170 – Centro Comercial Panamá.
4. Vía al Llano – Antiguo CAI Yomasa.
5. Calle 80 – Portal de TransMilenio Calle 80.
6. Carrera Séptima con calle 226 – Peaje entrada Bogotá.

Estas están disponibles solo para flujo de entrada a la capital en los horarios de 12:30 del mediodía a 8:00 pm en la mayoría de veces, además se suspende ejecución de las obras que estén aledañas o sobre el corredor vial desde el día anterior de la ejecución del plan hasta la finalización del mismo.

⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0002307 (12, agosto, 2014) "Por la cual se establecen medidas para la regulación del tráfico vehicular tendientes a garantizar la movilidad en las vías del país y se dictan otras disposiciones," Bogotá D.C., 2014. p2

DISEÑO METODOLÓGICO

5.6. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de enfoque cuantitativo, tiene como principal herramienta la recolección de datos por medio de aforos, que permitan identificar variables y cuantificar los datos, de tal manera que se puedan manejar en el desarrollo de la investigación.

Con base a lo anterior, la investigación se estará soportada sobre la toma y recolección de datos, que permitan la caracterización de las vías de estudio, teniendo en cuenta el estado actual de estas y el tráfico que circula por las mismas durante el periodo denominado “operación retorno” en el sector norte de la ciudad de Bogotá.

Posterior mente a la recolección y análisis de los datos recogidos por medio de los aforos, y teniendo en cuenta las bases utilizadas para clasificar una vía por medio de los niveles de servicio, se lograra dar un estado actual del comportamiento de estas durante estos periodos de tiempo, de esta misma manera se evaluaran las vías, pero teniendo en cuenta las posibles modificaciones que se puedan dar y lograr determinar de esta manera, si es posible mejorar el nivel de servicio prestado.

5.7. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolla con el fin de realizar una evaluación técnica al estado actual de las vías en estudio, determinar el comportamiento de las mismas y buscar mejorar el nivel de servicio prestado por estas. Se pretende analizar en principio las características actuales de las vías, con esto posteriormente se realizara un inventario de las vías en estudio, dicho inventario será útil para la clasificación de niveles de servicio y capacidad de las vías, este último como objetivo tener los niveles de servicios actuales en las vías y seguir con la fase propositiva, donde se modelara y se postularan las opciones para aumentar el nivel de servicio por las vías de estudio

Por lo anterior, dado que el enfoque de la investigación es cuantitativa, en donde al realizar los aforos tendrá una fase de observación, después analítica en donde se tendrá como valor de medición, el nivel de servicio prestado por las vías, este se determinara por medio de la toma de aforos que permitan describir el comportamiento del tráfico en este sector durante el periodo estudiado.

5.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada para la recolección de datos será el método de aforos, que permitirá dar conocimiento del flujo de tráfico en las vías estudiadas.

5.9. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos se analizaron, procesaron, ejecutaron y se modelaron a partir el software HCS 2000, que permite por medio de modelación, determinar la capacidad vehicular de las vías que se vayan a estudiar.

Imagen 1. Software HCS2000



Fuente: mctrans.ce.ufl.edu

5.10. FASES DE INVESTIGACIÓN

5.10.1. Fase 1. Descripción tráfico vehicular

- Toma de datos por medio de aforos
- Determinación de horas de máxima demanda (horas pico)
- Cálculo de distribución vehicular

5.10.2. Fase 2. Descripción de las vías estudiadas.

- Inventario vial (estado actual de las vías)
- Realización de Planos de señalización y ancho de carril
- Planos distribución vehicular

5.10.3. Fase 3. Cálculo niveles de servicio

- Modelación en programa HCS 2000
- Cálculo de capacidad vehicular
- Determinación de nivel se servicio
- Introducción de escenarios para el análisis
- Conclusiones

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. DESCRIPCIÓN TRÁFICO VEHICULAR

6.1.1. Datos Aforos:

Con el fin de caracterizar el tráfico vehicular que circula por las vías estudiadas se realizaron tomas de datos por medio de aforos vehiculares que permitieran observar cómo se comporta la demanda de vehículos que entran a la ciudad para días domingo.

Después de realizados los aforos se obtuvieron datos del tránsito vehicular en periodos de 15 minutos de 11:00 am a 6:15 pm (ver anexo A), se realizaron los diferentes cálculos que permitieran determinar la hora pico, el Factor hora de máxima demanda FHM y el Volumen Equivalente, además de los volúmenes máximo y mínimo de tránsito.

Se eligieron 2 puntos de aforo en donde se puede visualizar el paso de vehículos que circulan por los carriles de las rutas de entrada a Bogotá por el sector norte de la ciudad.

Figura 4. Puntos de aforo



Fuente Google Maps

Donde:

- 1 vehículos que circulan hacia Autopista norte
- 2 vehículos que circulan hacia carrera séptima

En las tablas y figuras mostradas a continuación se grafica la composición vehicular y la hora máxima demanda de cada uno de los tramos en estudio. A continuación se mostraran los resultados obtenidos de los aforos para cada uno de las rutas estudiadas, en las gráficas de composición vehicular (Figura 5,7,9,11,13) se grafica la cantidad de vehículos por categoría que pasan por hora entre las 11:00 y 18:30, y en las gráficas de hora de máxima (Figura 6, figura 8, figura 10, figura 12 y figura 14) demanda se grafica la sumatoria de estos vehículos que pasan por hora entre las 11:00 y 18:30

6.1.2. HORA PICO:

Para obtener el periodo de máxima demanda u hora pico, se sumaron los datos de la totalidad de tránsito en periodos de 1 hora, luego se eligió el valor mayor, que sería el máximo tráfico en periodos de 1 hora, y determinar la hora pico para los tramos estudiados.

Los valores en rojo corresponden a la sumatoria mayor y que se sumaran para obtener la cantidad de vehículos que pasan durante la hora pico.

Tabla 3. Hora pico de entrada por la autopista norte

Hora	Automoviles	Buses	Camiones	Tractomulas	Total
14:30-14:45	238	13	6	3	260
14:45-15:00	253	14	1	1	269
15:00-15:15	262	13	4	1	280
15:15-15:30	258	14	3	2	277
15:30-15:45	246	11	4	1	262
15:45-16:00	243	12	2	1	258

Ecuación 2. Hora pico entrada autopista norte

$$269 + 280 + 277 + 262 = 1088 \text{ Vehículos entre las 14:45hr y las 15:45hr}$$

Tabla 4. Hora pico en el desvío de la autopista norte.

Hora	Automoviles	Buses	Camiones	Tractomulas	Total
14:30-14:45	76	0	1	2	79
14:45-15:00	80	0	3	1	84
15:00-15:15	77	1	1	0	79
15:15-15:30	91	0	4	1	96
15:30-15:45	87	1	2	0	90
15:45-16:00	74	0	0	2	76

Ecuación 3. Hora pico desvío autopista norte

$$84 + 79 + 96 + 90 = 349 \text{ vehiculos entre las 14:45 y las 15:45}$$

Tabla 5. Hora pico entrada de la carrera séptima

Hora	Automoviles	Buses	Camiones	Tractomulas	Total
17:15-17:30	201	3	0	0	204
17:30-17:45	466	8	3	1	478
17:45-18:00	346	3	2	0	351
18:00-18:15	569	12	8	0	589
18:15-18:30	628	10	7	0	645

Ecuación 4. Hora pico entrada carrera séptima

$$478 + 351 + 589 + 645 = 2063 \text{ vehiculos entre las 17:30 y las 18:60 hr}$$

Tabla 6. Hora pico desvió carrera séptima

Hora	Automoviles	Buses	Camiones	Tractomulas	Total
15:45-16:00	7	0	0	1	8
16:00-16:15	20	0	0	1	21
16:15-16:30	7	0	0	0	7
16:30-16:45	21	0	1	0	22
16:45-17:00	10	0	0	0	10
17:00-17:15	19	0	0	0	19

Ecuación 5. Hora pico desvió carrera séptima

$$21 + 7 + 22 + 10 = 60 \text{ vehiculos entre las 16:00 hr y las 15:00 hr}$$

Tabla 7. Hora pico total

Hora	Automoviles	Buses	Camiones	Tractomulas	Total
17:15-17:30	582	24	8	3	617
17:30-17:45	480	8	3	1	492
17:45-18:00	748	25	13	1	787
18:00-18:15	579	12	8	0	599
18:15-18:30	634	11	7	0	652

Ecuación 6. Hora pico total

$$492 + 787 + 599 + 652 = 2530 \text{ vehiculos entre las 17:30hr y las 18:30hr}$$

6.1.3. Factor de máxima demanda (FHM)

En el caso del factor de máxima demanda, se toma el valor de hora pico y se divide por el mayor valor de tráfico en la hora pico multiplicado por 4. el valor en azul de las tablas corresponde al Q Max en 15min, que se utilizara en

Ecuación 7. Factor de máxima demanda

$$FHM = \frac{Q \text{ max 1 hora}}{Q \text{ max 15 min} * 4}$$

Donde:

Q máx. 1 hora: valor de tráfico máximo total en 1 hora

Q máx. 15 min: valor de tráfico máximo en periodos de 15 min dentro de la hora pico

El FHM representa la uniformidad del flujo dentro de la hora pico, si el valor es cercano a 1 significa que el flujo fue constante dentro de este periodo de tiempo.

Factor de máxima demanda entrada autopista norte.

Ecuación 8. Factor de máxima demanda entrada autopista norte.

$$\frac{1088 v}{(284 * 4)} = 0.9714$$

Factor de máxima demanda desvió autopista norte

Ecuación 9. Factor de máxima demanda desvió autopista norte

$$\frac{349 v}{(96 * 4)} = 0.9088$$

Factor de máxima demanda entrada carrera séptima

Ecuación 10. Factor de máxima demanda entrada carrera séptima

$$\frac{2063 v}{(645 * 4)} = 0.7996$$

Factor de máxima demanda desvió carrera séptima

Ecuación 11. Factor de máxima demanda desvió carrera séptima

$$\frac{60 v}{(22 * 4)} = 0.6818$$

Factor de máxima demanda total

Ecuación 12. Factor de máxima demanda total

$$\frac{2530 v}{(878 * 4)} = 0.6818$$

6.1.4. VOLUMEN EQUIVALENTE:

El volumen equivalente, representa la cantidad de vehículos que pudieron transitar en el periodo de hora de máxima demanda.

Ecuación 13. Volumen equivalente

$$\text{volumen equivalente} = \frac{Q \text{ max 1 hora}}{FHM}$$

Volumen equivalente entrada autopista norte

Ecuación 14. Volumen equivalente entrada autopista norte

$$\frac{1088}{0,9714} = 1120$$

Volumen equivalente desvió autopista norte

Ecuación 15. Volumen equivalente desvió autopista norte

$$\frac{349}{0,9088} = 384$$

Volumen equivalente entrada carrera séptima

Ecuación 16. Volumen equivalente entrada carrera séptima

$$\frac{2063}{0,7996} = 2580$$

Volumen equivalente desvió carrera séptima

Ecuación 17. Volumen equivalente desvió carrera séptima

$$\frac{60}{0,6818} = 1120$$

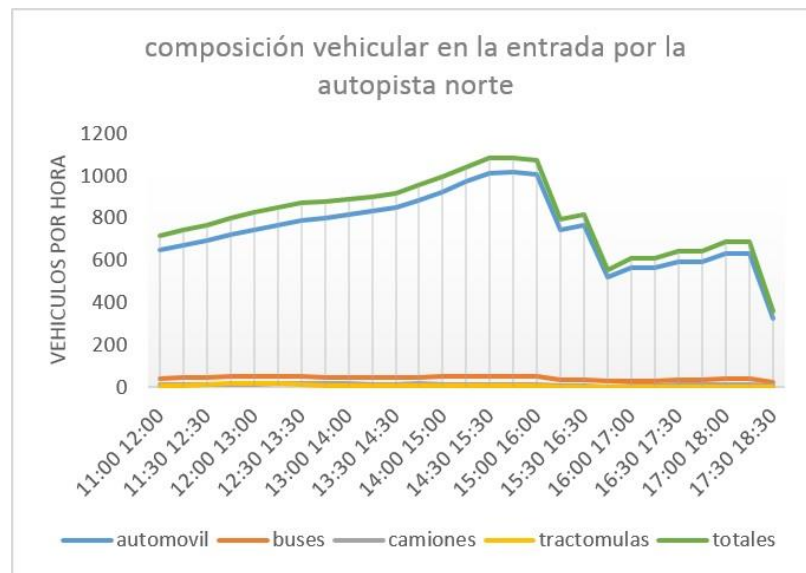
Volumen equivalente total

Ecuación 18. Volumen equivalente total

$$\frac{3530}{0,8036} = 3148$$

En la figura 5 se encuentra graficado los resultados obtenidos en los aforos de la entrada por la autopista norte, gráficamente se puede ver el impacto generado al inicio del plan retorno, debido a que empieza a operar a las 4:00 pm y este ingreso a la ciudad es bloqueado, se puede observar en el intervalo de las 15:30 hasta el intervalo 16:30 la línea de tendencia baja notoriamente.

Figura 5. Composición vehicular entrada por Autopista Norte



Fuente: propia

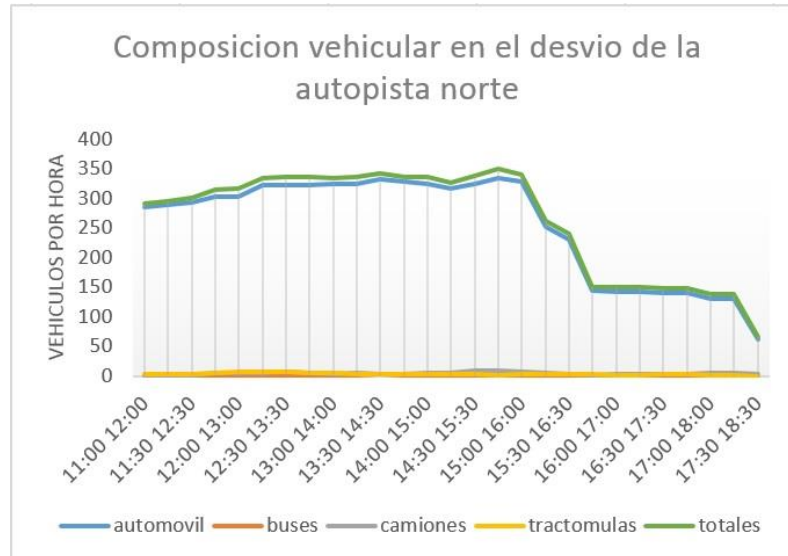
Figura 6. Hora de máxima demanda entrada por Autopista Norte



Fuente: Propia

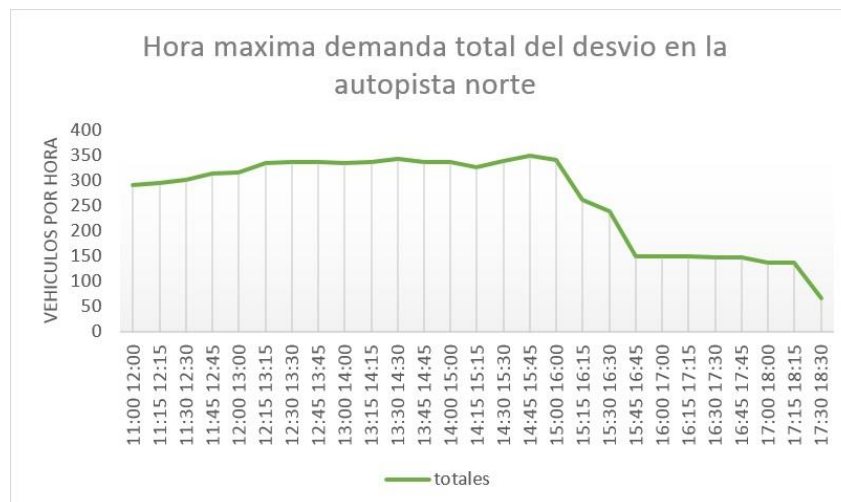
En la figura 8 se ve como el plan retorno afecta directamente en la cantidad de vehículos que pasan por esta vía, desde su implementación a las 16:00hr

Figura 7. Composición vehicular en la desvió por la autopista norte



Fuente: propia

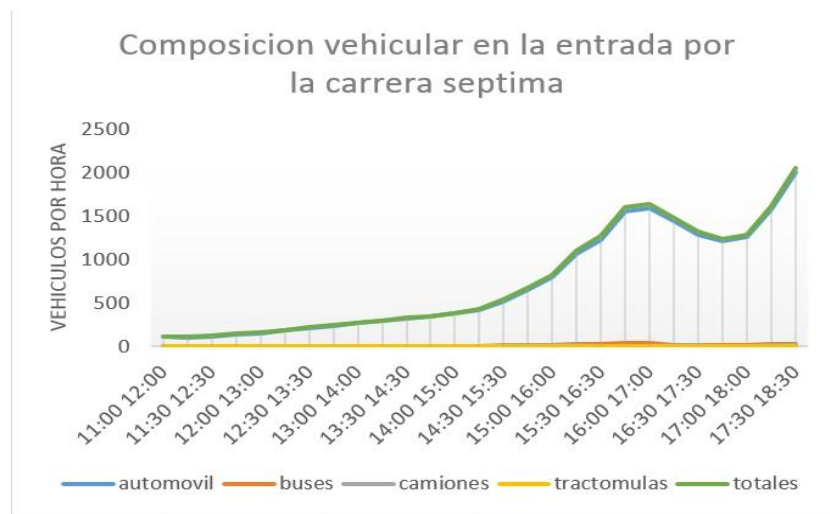
Figura 8. Hora máxima demanda total del desvío por la autopista norte



Fuente: propia

En la figura 9, se observa la composición vehicular por la entrada de la carrera séptima, da como resultado una línea ascendente, esto, debido que el tránsito por la autopista norte fue cerrado, aunque se puede observar en la figura 10 que desde que inicia el plan retorno 16:00hr disminuye la cantidad de vehículos en esta fracción de tiempo, genera tráfico vehicular y el nivel de servicio de las vías baja, a consecuencia de esto la velocidad baja y la cantidad de vehículos que pasan por el punto de conteo son menores.

Figura 9. Composición vehicular en la entrada por la carrera séptima



Fuente: propia

Figura 10. Hora de máxima demanda en la entrada por la carrera séptima



Fuente: propia

6.1.4.4. Desvío Carrera séptima

Tabla 11. Análisis de resultados de aforos desvío carrera séptima

Desvio carrera septima					4
hora maxima demanda					
autos	buses	camiones	tractomulas	totales	periodos
17	0	0	0	17	11:00 12:00
26	0	0	0	26	11:15 12:15
30	0	0	0	30	11:30 12:30
39	0	0	0	39	11:45 12:45
43	0	0	0	43	12:00 13:00
47	0	0	0	47	12:15 13:15
50	0	0	0	50	12:30 13:30
45	0	0	0	45	12:45 13:45
48	0	0	0	48	13:00 14:00
45	0	0	0	45	13:15 14:15
43	0	0	0	43	13:30 14:30
48	0	0	0	48	13:45 14:45
48	0	0	0	48	14:00 15:00
46	0	0	1	47	14:15 15:15
46	0	0	1	47	14:30 15:30
41	0	0	3	44	14:45 15:45
36	0	0	4	40	15:00 16:00
46	0	0	4	50	15:15 16:15
42	0	0	4	46	15:30 16:30
55	0	1	2	58	15:45 16:45
58	0	1	1	60	16:00 17:00
57	0	1	0	58	16:15 17:15
58	0	1	0	59	16:30 17:30
51	0	0	0	51	16:45 17:45
54	0	0	0	54	17:00 18:00
45	0	0	0	45	17:15 18:15
43	1	0	0	44	17:30 18:30
volumen maximo	60 vph		FHM	0,68181818	
volumen minimo	17 vph		volumen equivalente	88	

Fuente: propia

En la figura 11 se puede observar la composición vehicular en el desvío de la carrera séptima, esta no se ve afectada por la implementación del plan retorno.

Figura 11. Composición vehicular desvío carrera séptima

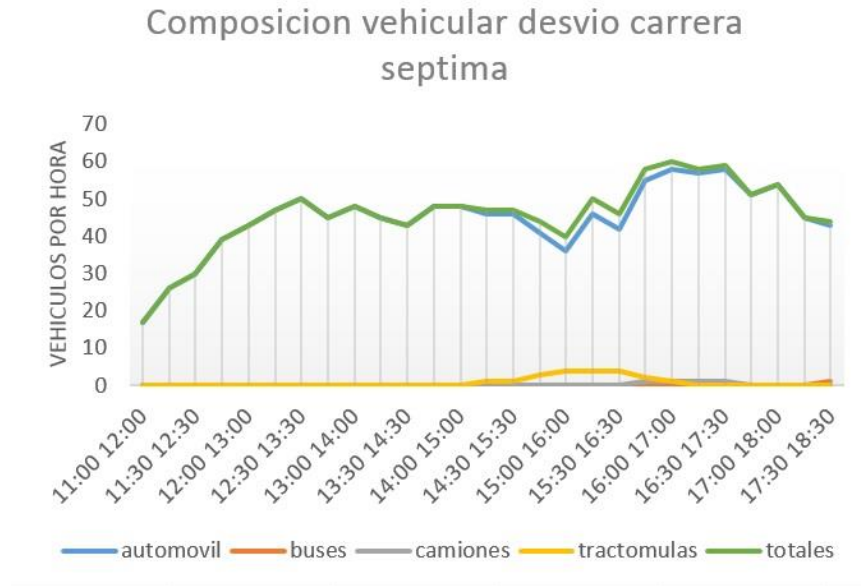
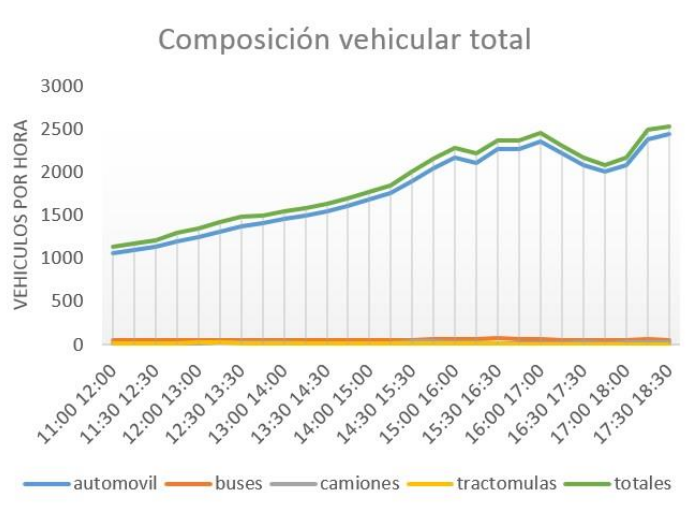


Figura 12. Hora de máxima demanda desvío carrera séptima



Figura 13. Composición vehicular total



Fuente: propia

En la figura 14 se puede observar que el flujo vehicular a lo largo de todo el día es ascendente, el flujo es continuo antes de la hora pico, una vez implementado el plan retorno a las 16:00hr la cantidad de vehículos que pasan por los puntos de aforo (figura 4) son menores, ya que las velocidades bajaron y la cantidad de vehículos que pasan por el punto de conteo son menores, producto de la congestión vehicular

Figura 14. Hora de máxima demanda total



Fuente: propia

6.1.5. Distribución vehicular

Una vez realizados los aforos, se procedió a calcular los valores de flujo total que transitaban en los tramos de análisis, fraccionando así totales de:

- Automóviles
- Camiones
- Tracto mulas
- Totales

Esto con el fin de saber la distribución del flujo vehicular, calculando porcentajes con respecto a la totalidad de usuarios que circulan por los corredores viales, para tener mayor claridad de la repartición de vehículos presentada en la zona.

A continuación, se muestra mediante gráficas la distribución vehicular para los tramos de estudio.

Las imágenes mostradas a continuación describen la clasificación en porcentaje de la distribución vehicular en los tramos específicos en estudio, en cada una de las imágenes se observa la notoria diferencia en la distribución de vehículos particulares frente a otros tipos de vehículos.

6.1.5.1. Entrada por Autopista norte

Imagen 2. Porcentaje por clasificación en la entrada por Autopista norte



Fuente: propia

6.1.5.2. Desvió de autopista norte

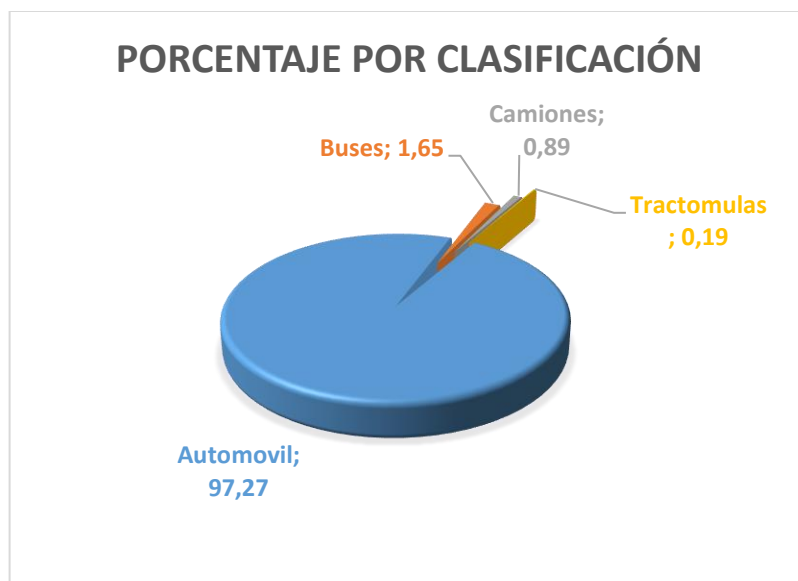
Imagen 3 Porcentaje por clasificación desvió autopista norte



Fuente: propia

6.1.5.3. Entrada por carrera séptima

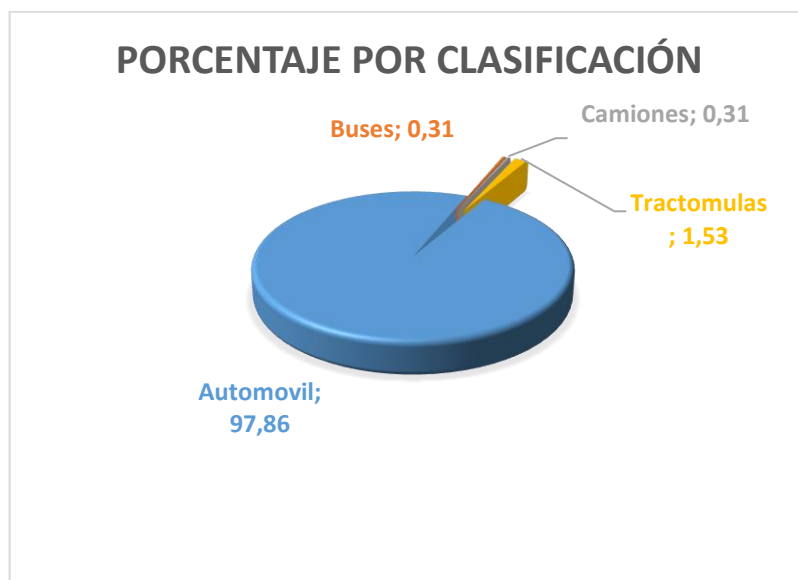
Imagen 4. Porcentaje por clasificación entrada carrera séptima



Fuente: propia

6.1.5.4. Desvió carrera séptima

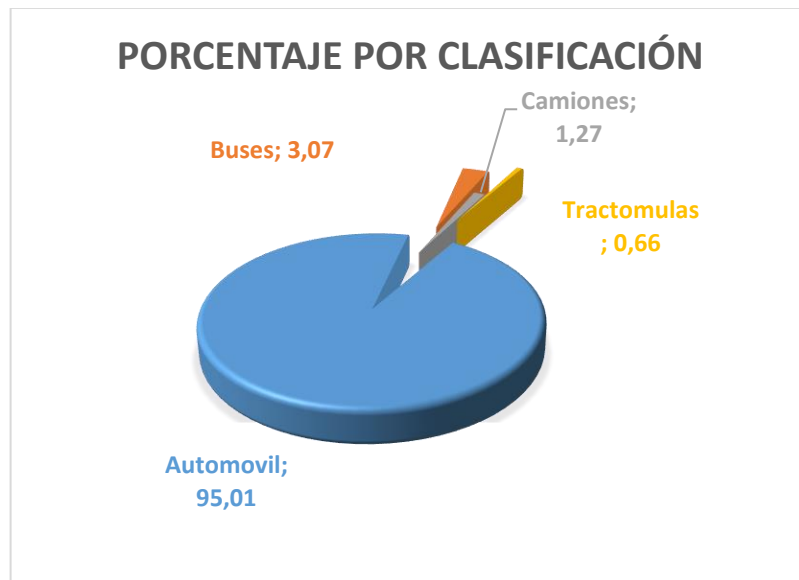
Imagen 5. Porcentaje por clasificación desvió carrera séptima



Fuente: propia

6.1.5.5. Totalidad del flujo

Imagen 6. Porcentaje por clasificación total del flujo



Fuente: propia

6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS VÍAS ESTUDIADAS

6.2.1.1. Inventario vial




Con el fin de caracterizar la zona de estudio se procedió a realizar un inventario de la señalización vial, tanto horizontal como vertical. Para ilustrar tal fin se realizaron planos de señalización de la zona de estudio, estos se encuentran en el anexo B. A continuación, se registra la información recopilada a lo largo del inventario de señalización vial para los tramos en estudio.

Tabla 13. Inventario vial Autopista Norte

ENTRADA AUTOPISTA NORTE			
tipo de señal	descripcion	cantidad	esquema
S1 - 05	Informacion previa de destino	1	
S1 - 05	Informacion previa de destino	1	
DELINEADOR DE CURVA	Deliniador de curva horizontal	18	
S1 - 05	Informacion previa de destino	1	
SR - 30	velocidad máxima	1	
S1 - 05	Informacion previa de destino	1	
S1 - 05	Informacion previa de destino	1	
SP 50	Altura libre	1	
S1 - 05	Informacion previa de destino	1	

Fuente: propia

Tabla 14. Inventario vial Carrera Séptima

ENTRADA CARRERA SÉPTIMA			
tipo de señal	descripcion	cantidad	esquema
SI - 05	Informacion previa de destino	1	
SP - 50	Altura libre	1	
DELINEADOR DE CURVA	Deliniador de curva horizontal	18	
SR - 02	Ceda el paso	1	
SI - 05	Informacion previa de destino	1	
SI - 05	Informacion previa de destino	1	
SP - 50	Altura libre	1	
SR - 30	Velocidad máxima	1	
SP - 46	Peatones en la via	1	
SP - 47	Zona escolar	1	
SR - 11	Doble via	1	
SI - 05	Informacion previa de destino	1	

6.3. RESULTADOS MODELACIÓN

El Nivel de Servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones operativas de un flujo de tránsito y de su percepción por los usuarios. La definición de Nivel de Servicio describe generalmente estas condiciones en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y adecuación del flujo de tránsito a los deseos del usuario y la seguridad, es por este motivo que de las evaluaciones realizadas pretenden estimar el nivel de servicio en los diferentes escenarios de evaluación.

Para tal fin, se realizaron dos clases de análisis:

1. Uno que contemple el estado actual de la zona, en donde se produce el cierre del paso hacia la autopista norte desde la vía La Caro- Bogotá, evaluando zonas de rampas (divergencias y convergencias) presentadas a lo largo del recorrido.
2. Otro que evalúe las vías de estudio, manteniendo el flujo sin restricciones (operación retorno), en donde el tráfico no se vea obligado a circular hacia la

Estos análisis, obtendrán el nombre de escenarios, en donde el escenario 1 será el referido a la restricción vehicular y el escenario 2 se analizara sin dicha restricción.

En ambos escenarios se tendrán en cuenta las mismas zonas de evaluación, presentadas a continuación en la tabla 15, para mayor claridad en de los sectores de análisis, se realizó un plano en el que se ven representadas las divergencias y convergencias obtenidas a lo largo de los tramos de vía estudiados (En el anexo C, se encuentra el plano mencionado).

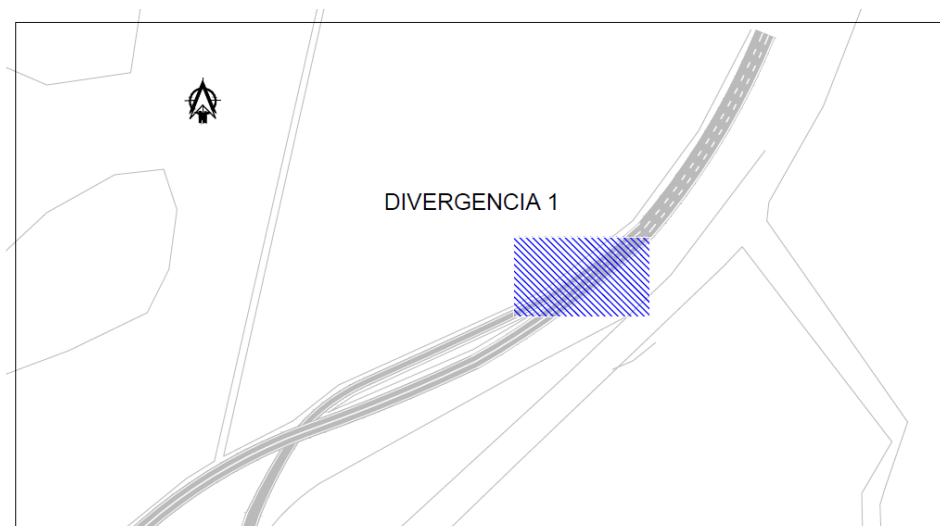
Tabla 15. Elementos analizados

	CÓDIGO	LOCALIZACIÓN
Divergencia 1	D1	Bifurcación de carrera séptima desde vía La caro Bogotá
Divergencia 2	D2	Retorno de carrera Séptima hacia Tunja
Divergencia 3	D3	Retorno de Autopista norte hacia Chía
Convergencia 1	C1	Ingreso desde Chía hacia Autopista Norte

Fuente: Elaboración Propia

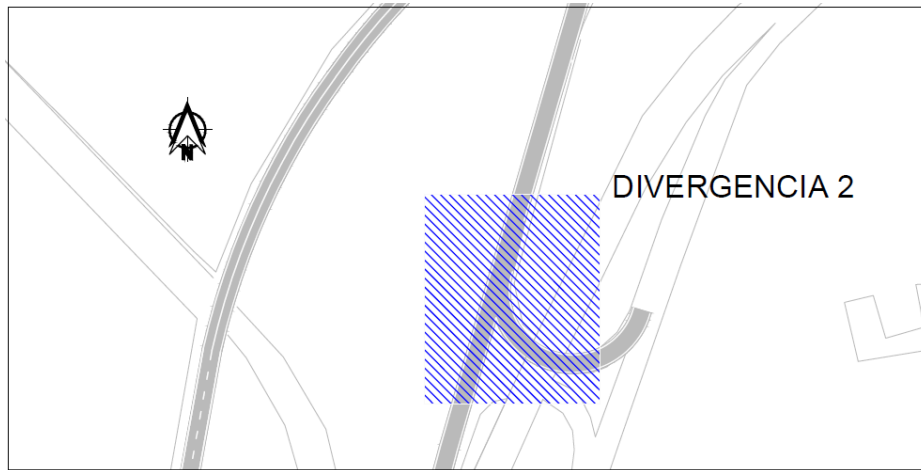
La localización de cada uno de los elementos analizados se presenta en las siguientes figuras:

Figura 15. Zona de divergencia 1



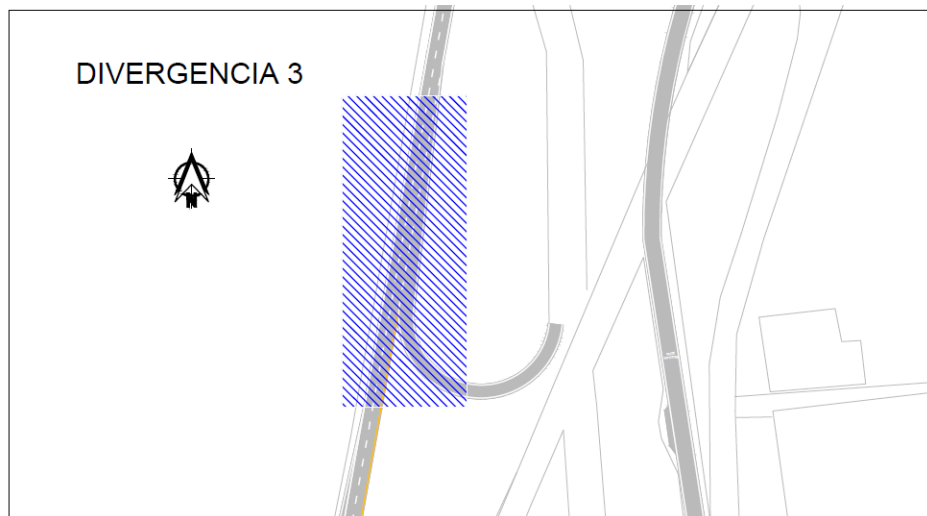
Fuente propia

Figura 16. Zona de divergencia 2



Fuente propia

Figura 17. Zona de divergencia 3



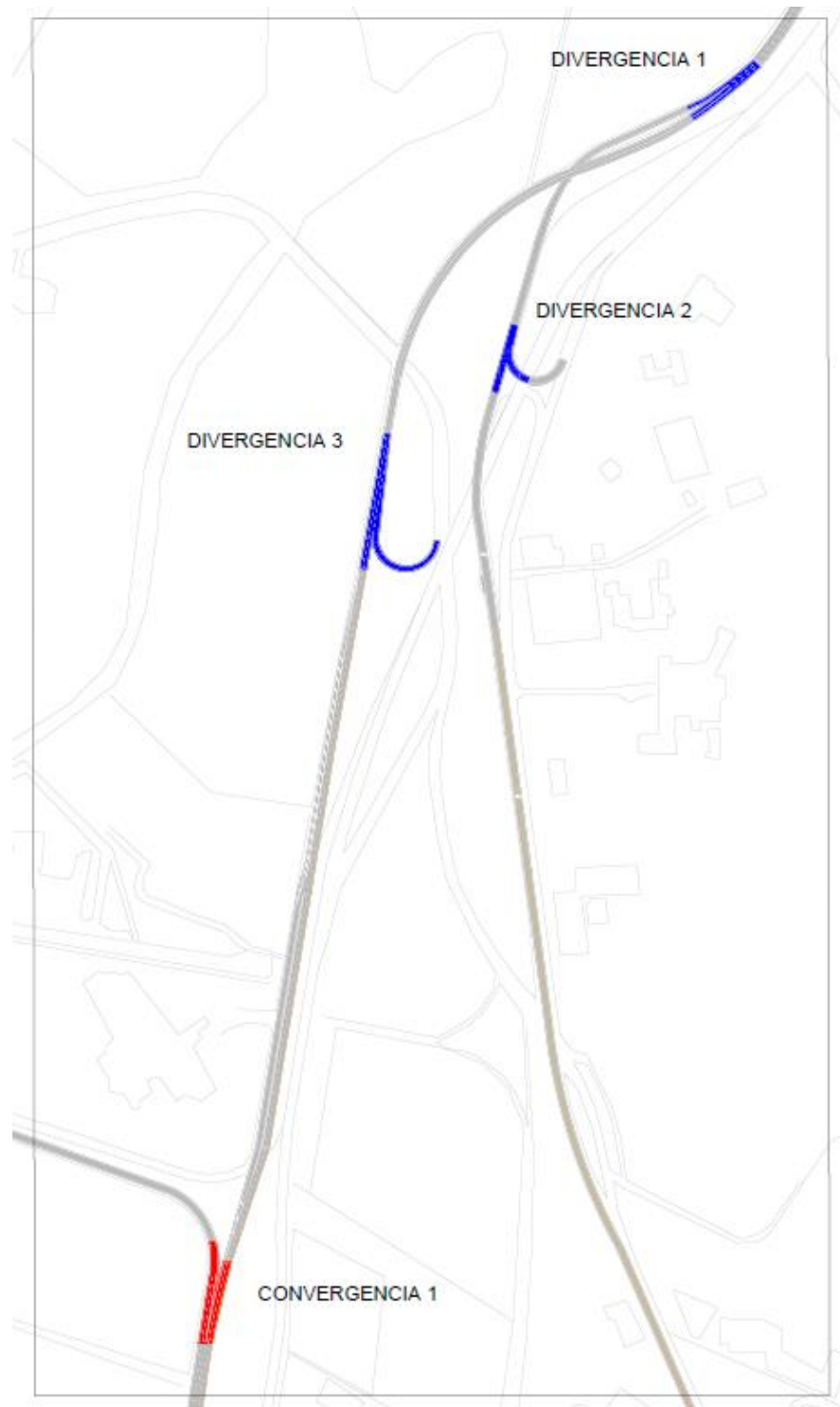
Fuente propia

Figura 18. Zona de convergencia 1



Fuente propia

Figura 19. Elementos analizados



Fuente: propia

ESCENARIO 1 – EN FUNCIONAMIENTO EL CIERRE DE LA AUTOPISTA NORTE EN LA OPERACIÓN RETORNO

DIVERGENCIAS Y CONVERGENCIA

Para el escenario 1, se tuvo en cuenta la operación realizada en la vía en la actualidad, en donde se aplica la operación retorno, cerrando el acceso a la Autopista norte en la altura de La Caro, se obtuvieron los siguientes resultados, que describen el nivel de servicio prestado en las zonas de divergencias descritas anteriormente.

Para el escenario uno se tuvo en cuenta la operación realizada en la vía en la actualidad, en donde se aplica la operación retorno, cerrando el acceso a la Autopista norte en la altura de La Caro, por tanto el flujo vehicular tomado para la modelación de los diferentes tramos, fue el mismo tomado en campo, como se muestra en la tabla 11, en donde se muestra el tráfico en vehículos por hora, antes y después de una convergencia o divergencia.

Tabla 16. Flujo vehicular escenario 1 (vph)

FLUJO VEHICULAR ESCENARIO 1			
RAMPA	ANTES DE	SALEN/ENTRAN	DESPUES
D1	2530	423	2107
D2	2107	44	2063
D3	423	66	357
C1	357	3005	3362

Fuente: propia

Con estos datos se realizó la modelación en el programa HCS 200 para obtener los siguientes resultados, que describen el nivel de servicio prestado en las zonas de divergencias y convergencia descritas anteriormente.

DIVERGENCIA 1

Bajo este escenario, se encuentra un problema de movilidad en la zona donde se encuentra la divergencia 1 ya que el tráfico excede la capacidad vehicular del lugar arrojando como resultado un nivel de servicio tipo F como se muestra a continuación.

Imagen 7. Distribución vehicular en la divergencia 1 en escenario 1

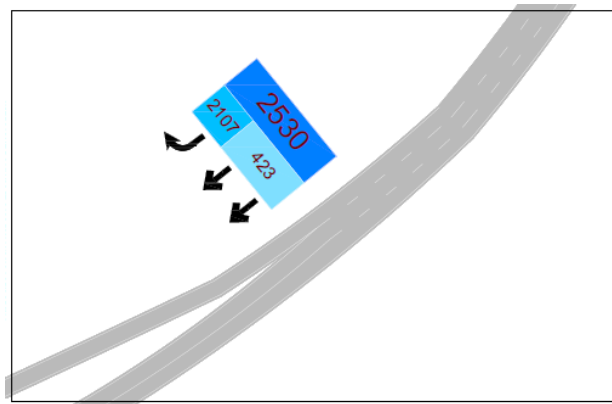


Tabla 17. Nivel de servicio divergencia 1 en escenario 1

CAPACIDAD D1			
	Actual	máximo	nivel de servicio
VFi	3242	4500	F
V12	3242	4400	
VFo	542	4500	
VR	2700	2200	

DIVERGENCIA 2

Para el escenario 1 en la divergencia ubicada en el retorno de la carrera séptima, se encuentra un nivel de servicio tipo C, en el cual el flujo vehicular es bueno, y no se presenta congestión vehicular en la zona.

Imagen 8. Distribución vehicular divergencia 2 escenario 1

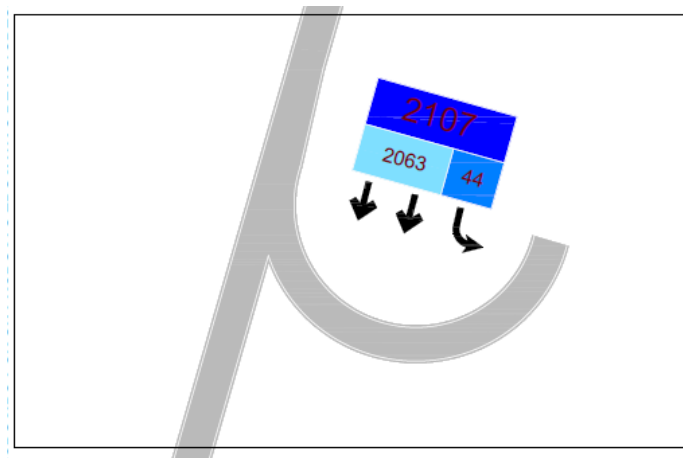


Tabla 18. Nivel de servicio divergencia 2 escenario 1

CAPACIDAD D2			
	Actual	máximo	nivel de servicio
VFi	2700	4500	C
V12	2700	4400	
VFo	2644	4500	
VR	56	3800	

DIVERGENCIA 3

Esta divergencia, ubicada en el sector de retorno de la Autopista norte, presenta un nivel de servicio tipo A, dicho resultado era de esperarse debido a que el flujo hacia esta zona es restringido en el escenario 1 debido al cierre presentado en la vía a la altura de la vía La Caro – Bogotá.

Imagen 9. Divergencia 3 escenario 1

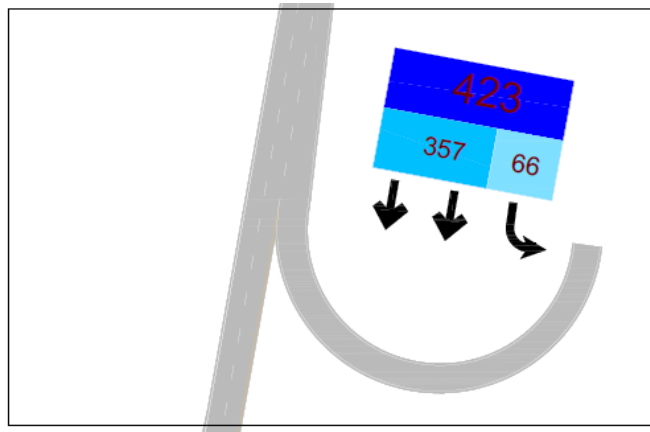


Tabla 19. Nivel de servicio divergencia3 escenario 1

CAPACIDAD D3			
	Actual	maximo	nivel de servicio
VFi	542	4500	A
V12	542	4400	
VFo	457	4500	
VR	85	4400	

CONVERGENCIA 1

La convergencia 1 hace referencia a la entrada de vehículos desde Chía hacia la Bogotá por la Autopista Norte, debido a la afluencia de dichos vehículos es realizada la Operación Retorno, es por esto que dicha sección, cobra mayor importancia, con respecto a las divergencias anteriores, para el caso del escenario 1, con flujo restringido hacia la Autopista Norte, el resultado de la modelación fue de un nivel de servicio tipo A, lo cual representa que la convergencia no excede su capacidad y dicha unión de flujos no representa la congestión vehicular mostrada en la zona.

Imagen 10. Convergencia 1 escenario 1

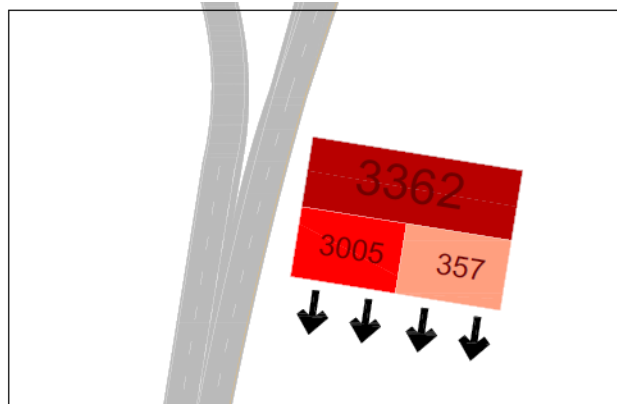
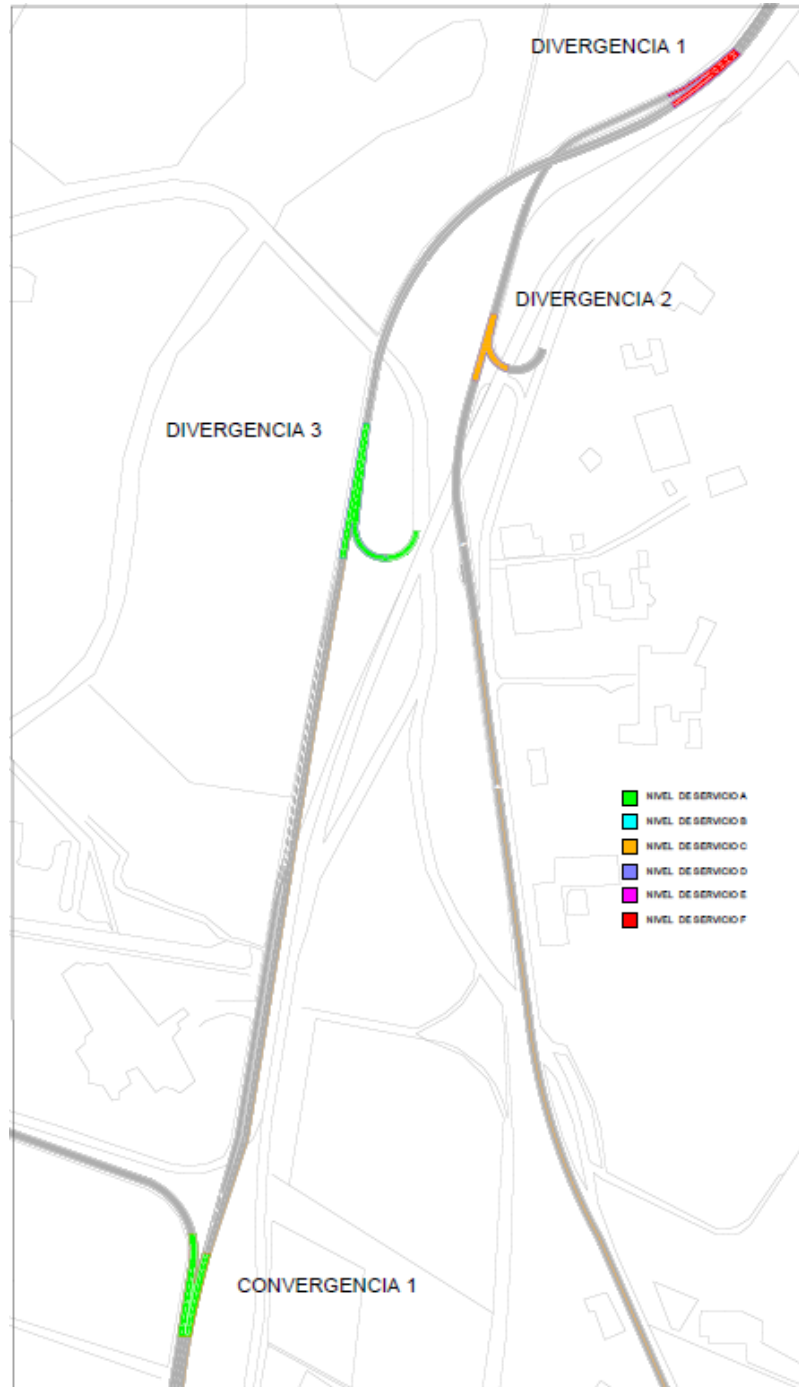


Tabla 20. Nivel de servicio convergencia 1 escenario 1

CAPACIDAD C1			
	Actual	maximo	nivel de servicio
VFo	4307	4500	A
VR12	4307	4600	

Figura 20. Niveles de servicio de los elementos analizados escenario 1

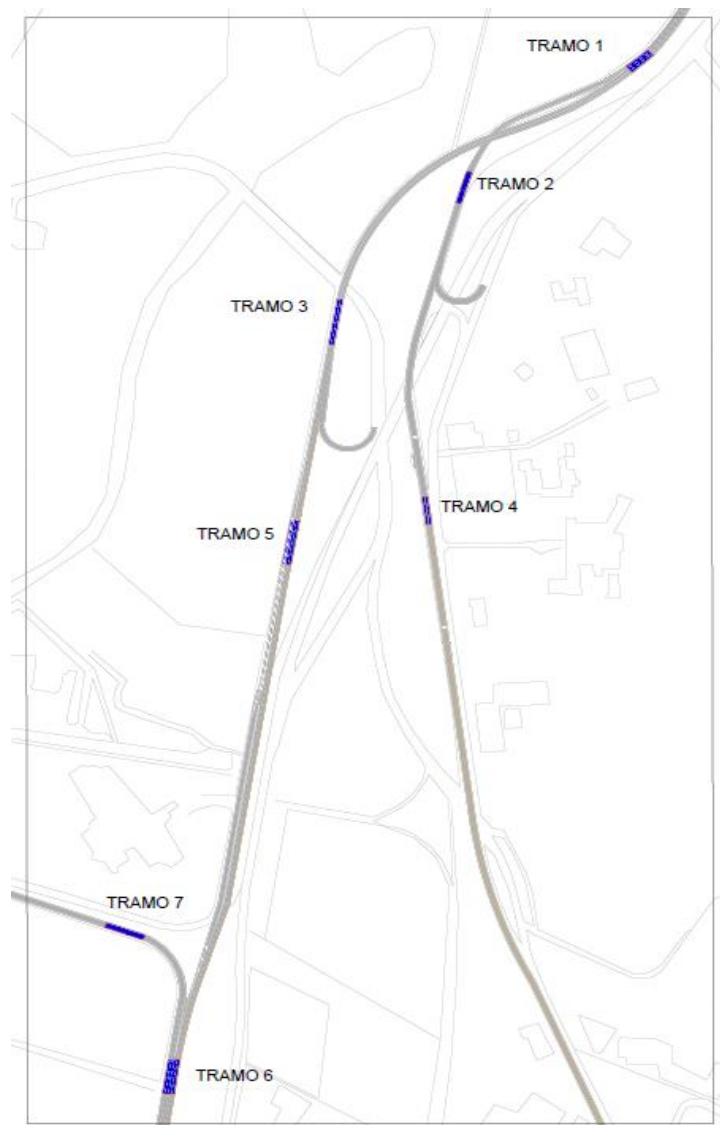


Fuente: propia

TRAMOS DE FLUJO LIBRE

Para obtener un análisis más profundo sobre el comportamiento de las vías estudiada, se modelaron también tramos de flujo libre en donde el transito no recibiría ni entregaría vehículos a otras vías, para este análisis se modelaron 7 tramos representativos de todos los sectores de las zonas estudiadas.

Figura 21. Tramos en las vías de estudio



Fuente: propia

Escenario 1

Con el fin de entender el comportamiento de los tramos de estudio bajo la condición de cierre de la Autopista norte, se tomaron como referencia los valores encontrados en los aforos vehiculares y se obtuvieron los resultados de nivel de servicio presentados a continuación, donde se muestra una variación entre nivel de servicio tipo C y A para las diferentes zonas de estudio, lo cual indica que el flujo vehicular es bueno en el las vías estudiadas a nivel de los tramos evaluados.

Tabla 21. Tramo 1 escenario 1

TRAMO 1		
vehiculos	2530	vh/h
carriles	3	
vp	1081	vh/h/c
densidad	12	vh/km/c
nivel de servicio	C	

Tabla 22. Tramo 2 escenario 1

TRAMO 2		
vehiculos	2107	vh/h
carriles	2	
vp	1350	vh/h/c
densidad	15	vh/km/c
nivel de servicio	C	

Tabla 23. Tramo 3 escenario 1

TRAMO 3		
vehiculos	423	vh/h
carriles	2	
vp	271	vh/h/c
densidad	3	vh/km/c
nivel de servicio	A	

Tabla 24. Tramo 4 escenario 1

TRAMO 4		
vehiculos	2063	vh/h
carriles	2	
vp	1322	vh/h/c
densidad	14,7	vh/km/c
nivel de servicio	C	

Tabla 25. Tramo 5 escenario 1

TRAMO 5		
vehiculos	357	vh/h
carriles	3	
vp	152	vh/h/c
densidad	1,7	vh/km/c
nivel de servicio	A	

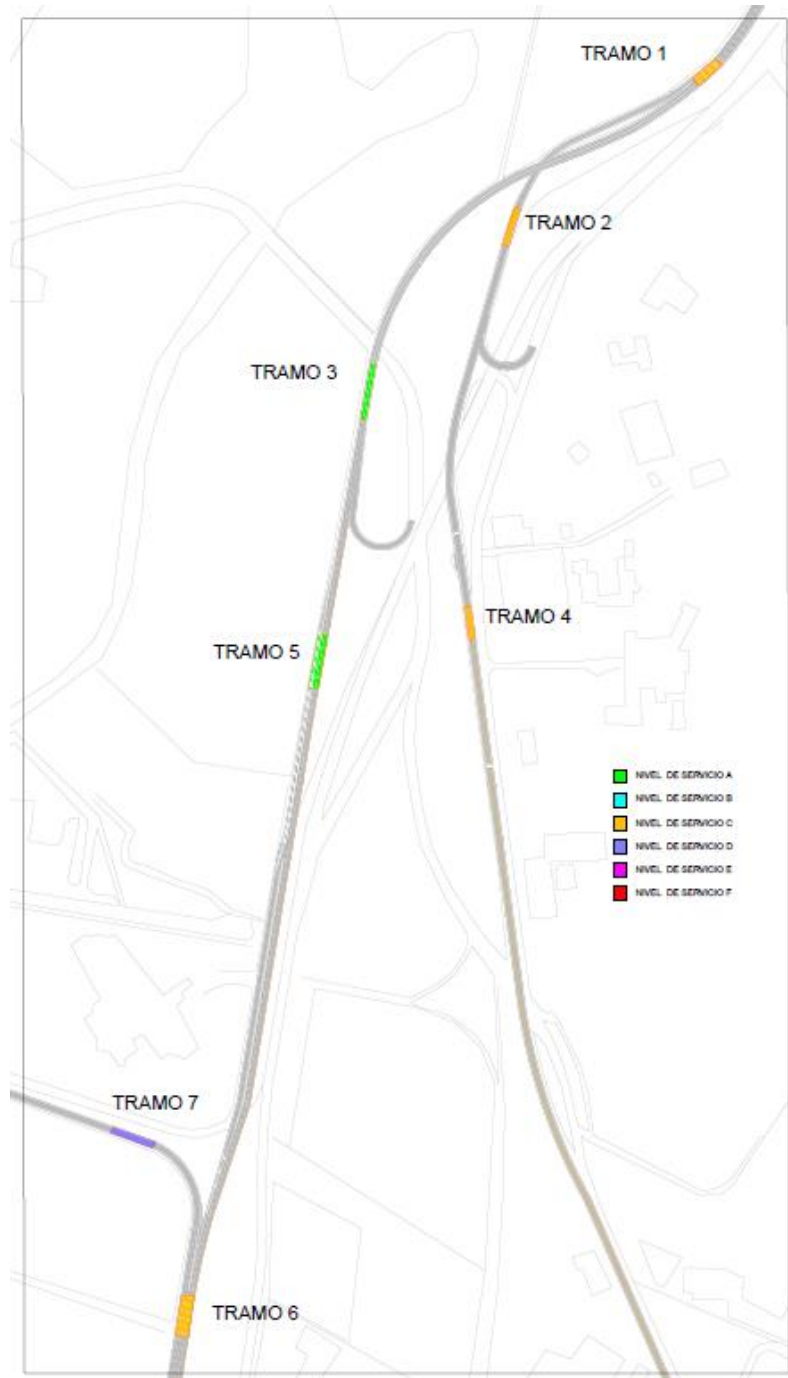
Tabla 26. Tramo 6 escenario 1

TRAMO 6		
vehiculos	3362	vh/h
carriles	4	
vp	1077	vh/h/c
densidad	12	vh/km/c
nivel de servicio	C	

Tabla 27. Tramo 7 escenario 1

TRAMO 7		
vehiculos	3005	vh/h
carriles	2	
vp	1925	vh/h/c
densidad	21,5	vh/km/c
nivel de servicio	D	

Figura 22. Nivel de servicio en los tramos para flujo libre escenario 1



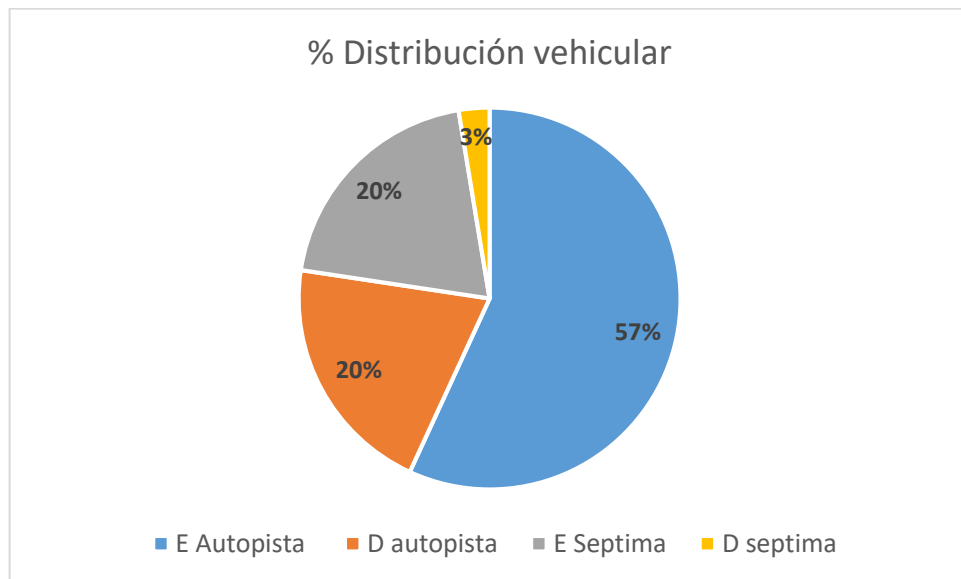
Fuente: propia

ESCENARIO 2 (OPERACIÓN RETORNO, SIN CIERRE HACIA LA AUTOPISTA NORTE)

Para el escenario 2, se realizó la modelación de las zonas de convergencia y divergencia, descritas anteriormente (tabla 15), sin tener en cuenta la operación retorno realizada en la vía, por tanto, la distribución vehicular no tendría restricciones de acceso hacia la Autopista Norte en la Zona de La Caro.

Para determinar el flujo vehicular, fue necesario encontrar los porcentajes de vehículos que circulaban antes del cierre hacia las vías estudiadas como se muestra en la figura 23 y así poder obtener el flujo estimado que transitaría por las vías estudiadas dadas las condiciones del escenario 1.

Figura 23. Distribución vehicular promedio



Fuente propia

Una vez obtenidos los porcentajes de tránsito en las diferentes vías de estudio, se procedió al cálculo del flujo vehicular correspondiente a cada rampa evaluada, mostrado en la tabla , para alimentar el programa y realizar así la modelación del escenario 2.

Tabla 28. Flujo vehicular escenario 2 en Vph

FLUJO VEHICULAR ESCENARIO 2			
RAMPA	ANTES DE	SALEN / ENTRAN	SIGUEN
D1	2530	1958	572
D2	572	66	506
D3	1958	519	1439
C1	1439	3005	4444

Al modelar las secciones de estudio con los datos anteriormente

DIVERGENCIA 1

Al modelar la zona bajo las condiciones del escenario 2, se encontró una mejoría en el flujo vehicular que circula por la divergencia 1, dando como resultado un nivel de servicio tipo B, lo cual indica un flujo vehicular bueno, sin tiempos de demora, esto debido a la distribución vehicular dada, en donde los vehículos pueden circular hacia la autopista norte, lo que genera un alivio de tráfico para la carrera 7ma.

Imagen 11. Distribución vehicular divergencia 1 escenario 2

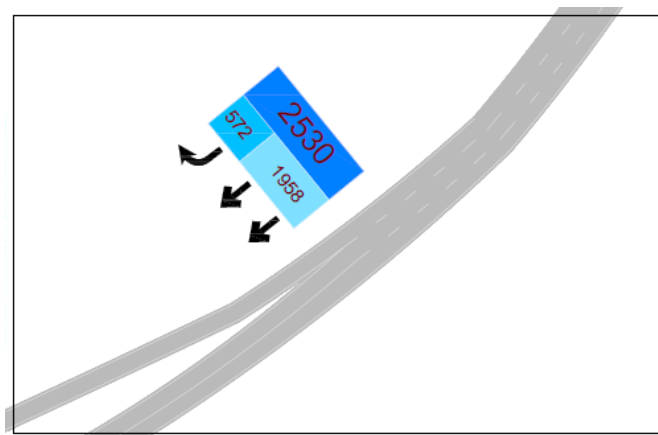


Tabla 29. Nivel de servicio divergencia 1 escenario 2

CAPACIDAD D1			
	Actual	máximo	nivel de servicio
VFi	3242	4500	B
V12	3242	4400	
VFo	1229	4500	
VR	2013	2200	

DIVERGENCIA 2

En esta zona el nivel de servicio presentado después de la modelación es de tipo B en donde la capacidad de la vía es adecuada para el flujo que recibe y que circula por la carrera 7ma como se muestra a continuación.

Imagen 12. Distribución vehicular divergencia 2 escenario 2

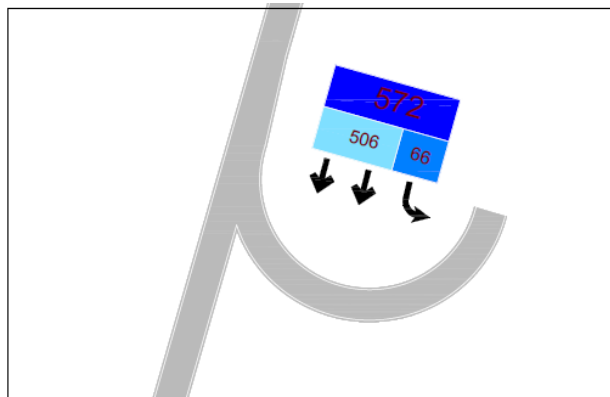


Tabla 30. Nivel de servicio divergencia 2 escenario 2

CAPACIDAD D2			
	Actual	máximo	nivel de servicio
VFi	1229	4500	B
V12	1229	4400	
VFo	1173	4500	
VR	56	4400	

DIVERGENCIA 3

Al permitir el flujo de vehículos normalmente hacia la Autopista norte, dicha divergencia recibe mayor tráfico, es por este que para escenario 2 la zona de retorno a la altura de la Autopista norte presenta un nivel de servicio tipo B, en ese sentido, en esta zona, la Autopista norte se encuentra en capacidad de recibir los vehículos que le corresponden del flujo normal en la vía La Caro Bogotá.

Imagen 13. Distribución vehicular divergencia 3 escenario 2

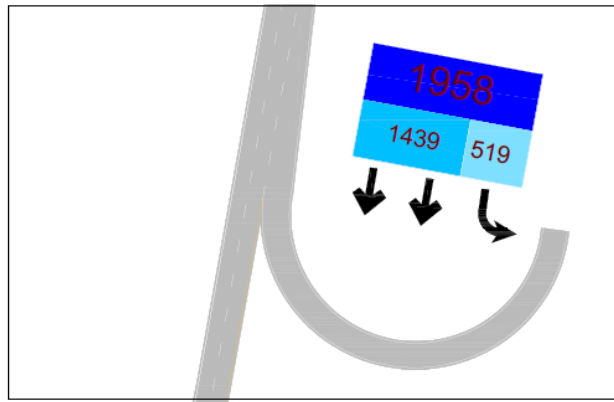


Tabla 31. Nivel de servicio divergencia 3, escenario 2

CAPACIDAD D3			
	Actual	máximo	nivel de servicio
VFi	1964	4500	B
V12	1964	4400	
VFo	1492	4500	
VR	472	4400	

CONVERGENCIA 1

Dicha convergencia, se ve afectada por la cantidad de vehículos provenientes desde la vía La Caro Bogotá, hacia la Autopista norte, en donde se obtuvo como dato de nivel de servicio después de la modelación un tipo F lo cual indica que la capacidad de la zona estudiada es rebasada por el tráfico vehicular presentado una vez es liberado el flujo hacia la Autopista Norte.

Imagen 14. Distribución vehicular convergencia 1, Escenario 2

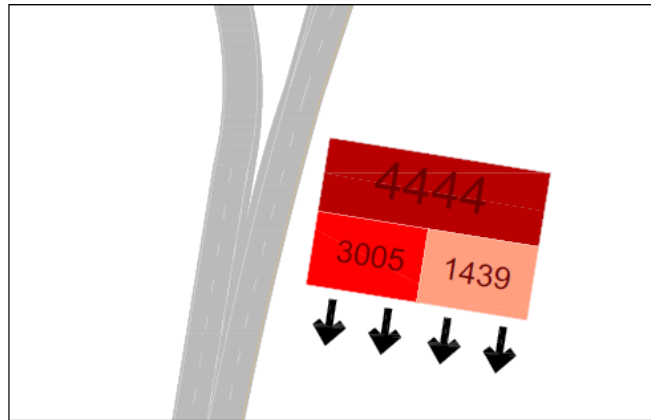
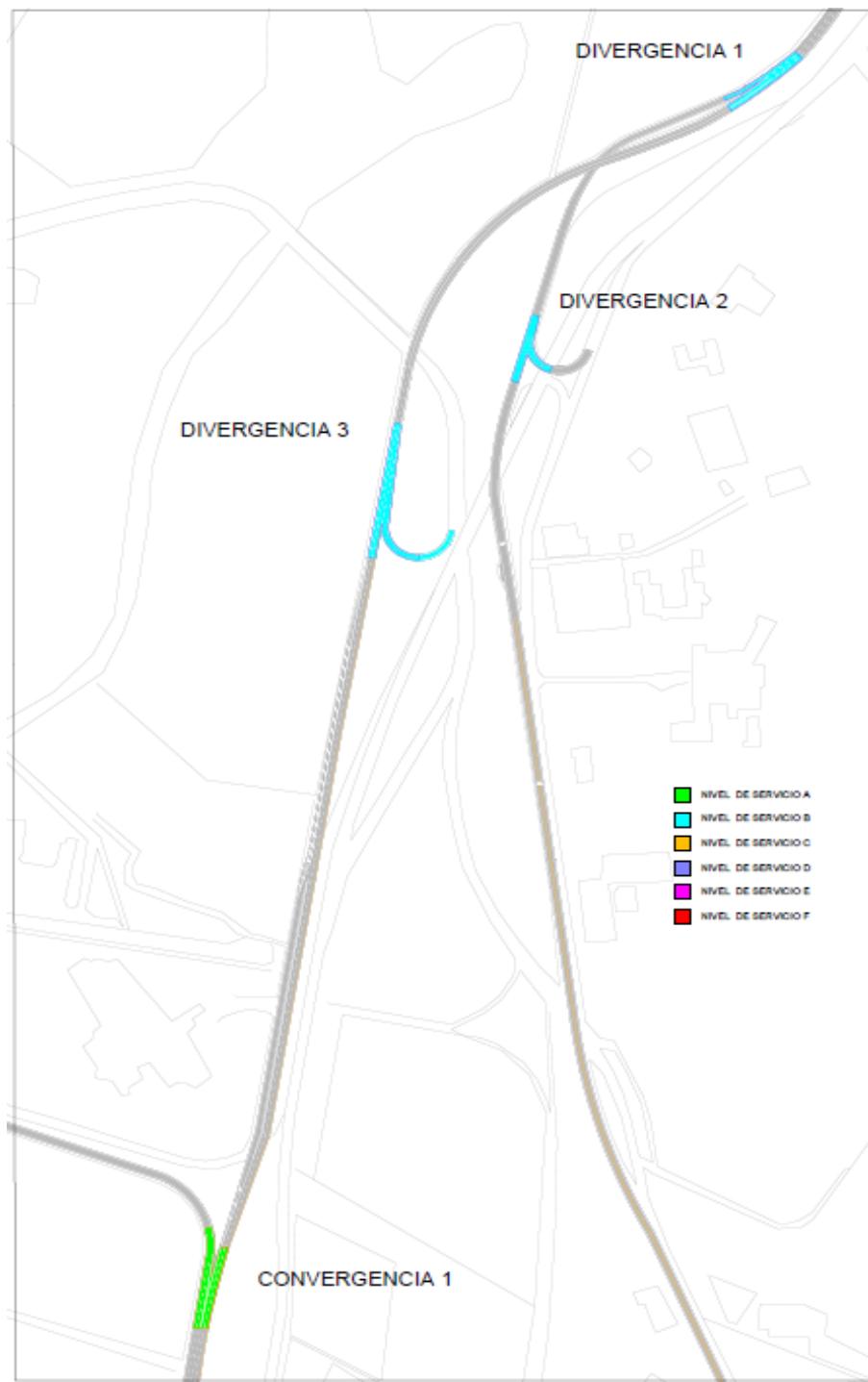


Tabla 32. Nivel de servicio convergencia 1, Escenario 2

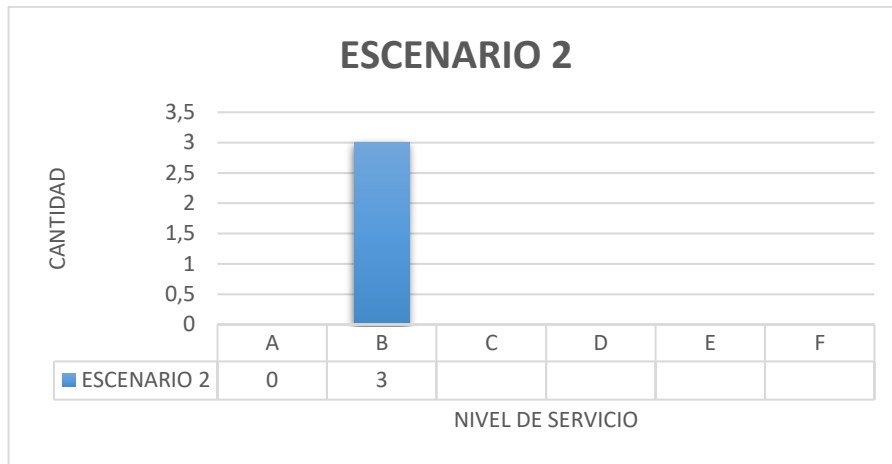
CAPACIDAD C1			
	Actual	máximo	nivel de servicio
VFo	5694	4500	F
VR12	5694	4600	

Figura 24. Niveles de servicio en los elementos analizados, en el escenario 2



Fuente: propia

Figura 25. Niveles de servicio divergencias Escenario 2



Fuente propia

Para la zona de convergencia, se encontró variación en el nivel de servicio prestado, en comparación con el escenario 1, en donde se demuestra que la vía no tiene la capacidad de albergar los vehículos provenientes desde la vía La Caro Bogotá, ya que en la convergencia se muestra un nivel de servicio tipo F.

ESCENARIO 2

Para el escenario 2 se realizó la distribución vehicular, como se hizo anteriormente, para determinar el flujo vehicular a circular por los distintos corredores viales evaluados, luego de la modelación con los datos obtenidos, se observó que el comportamiento de la vía presenta en los tramos 1 a tramo 6 una oscilación entre nivel de servicio A y C como se observa a continuación.

Tabla 33. Tramo 1, escenario 2

TRAMO 1		
vehiculos	2530	vh/h
carriles	3	
vp	1081	vh/h/c
densidad	12	vh/km/c
nivel de servicio	C	

Tabla 34. Tramo 2, escenario 2

TRAMO 2		
vehiculos	572	vh/h
carriles	2	
vp	366	vh/h/c
densidad	4,1	vh/km/c
nivel de servicio	A	

Tabla 35. Tramo 3, escenario 2

TRAMO 3		
vehiculos	1958	vh/h
carriles	2	
vp	1254	vh/h/c
densidad	13,9	vh/km/c
nivel de servicio	C	

Tabla 36. Tramo 4, escenario 2

TRAMO 4		
vehiculos	506	vh/h
carriles	2	
vp	324	vh/h/c
densidad	3,6	vh/km/c
nivel de servicio	A	

Tabla 37. Tramo 5, escenario 2

TRAMO 5		
vehiculos	1439	vh/h
carriles	3	
vp	615	vh/h/c
densidad	6,8	vh/km/c
nivel de servicio	A	

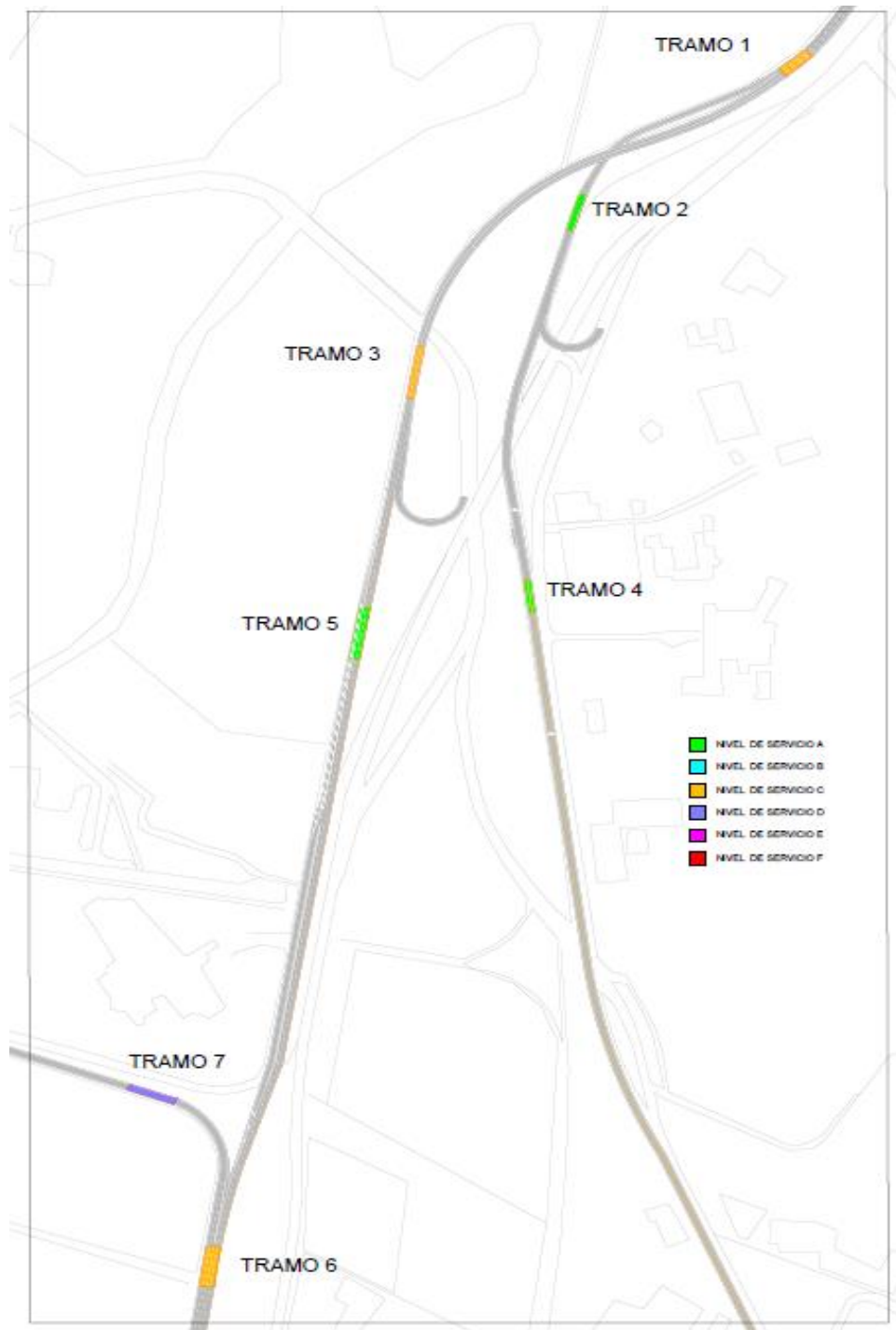
Tabla 38. Tramo 6, escenario 2

TRAMO 6		
vehiculos	4444	vh/h
carriles	3	
vp	1423	vh/h/c
densidad	15,8	vh/km/c
nivel de servicio	C	

Tabla 39. Tramo 7, escenario 2

TRAMO 7		
vehiculos	3005	vh/h
carriles	2	
vp	1925	vh/h/c
densidad	21,5	vh/km/c
nivel de servicio	D	

Figura 26. Nivel de servicio escenario 2



Fuente: propia

7. CONCLUSIONES

- Las vías estudiadas en general cuentan con la capacidad para manejar el flujo vehicular presentado en la actualidad aunque existen secciones en las que la capacidad está llegando a un límite como se muestra en los resultados cuando existen tramos y rampas en nivel de servicio tipo C, por tanto resulta prudente la ampliación de dichos sectores con el fin de poder soportar un crecimiento vehicular futuro
- En el escenario 1, en funcionamiento el cierre de la autopista norte en la operación retorno, presenta inicialmente un problema de embotellamiento en la divergencia 1, donde nos indica un nivel de servicio F, esto debido al cierre de la autopista norte, donde se desvía el flujo vehicular en su totalidad por la Carrera 7ma, en la divergencia 2 se encontró un nivel de servicio C, y allí en adelante las demás zonas de estudio presentan nivel de servicio A.
- El nivel de servicio que nos indicó la modelación se resume en la siguiente tabla

ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
Elemento	Nivel de servicio	Elemento	Nivel de servicio
Divergencia 1	F	Divergencia 1	B
Divergencia 2	C	Divergencia 2	B
Divergencia 3	A	Divergencia 3	B
Convergencia 1	A	Convergencia 1	F

- En el caso del escenario 2 en donde no existe la restricción vehicular, se determinó que aunque con esto la divergencia 1 mejora su nivel de servicio, más adelante en la convergencia 1 a nivel de la Autopista norte y la vía Chía Bogotá, se presentaría un colapso presentando nivel de servicio tipo F, para dar solución a este problema según modelaciones en HCS2000, se plantea la posibilidad de aumentar el número de carriles provenientes de la vía Chía Bogotá, con el fin de mejorar el flujo vehicular proveniente de dicho tramo (tramo 7), el cual presentó la peor de las condiciones en evaluación de los tramos en general.

8. RECOMENDACIONES

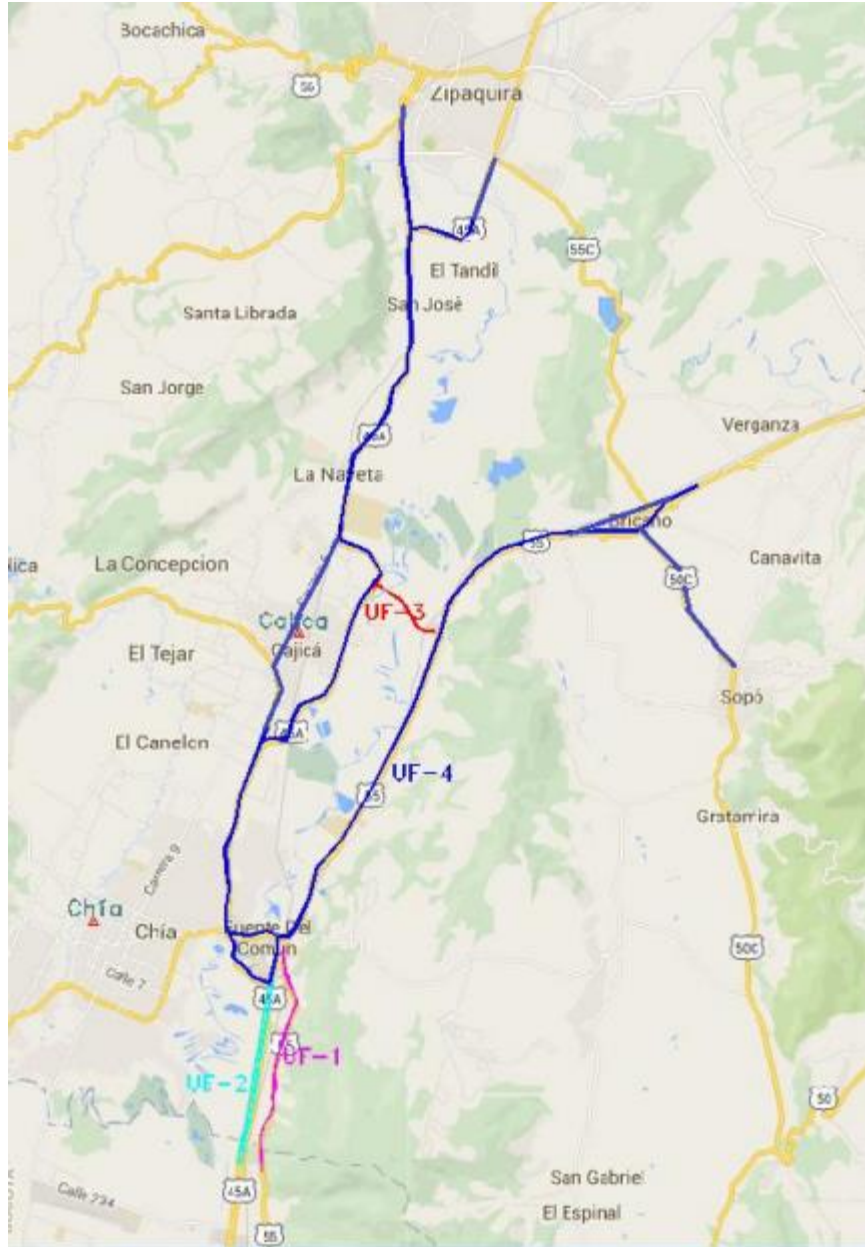
Durante el proceso de realización de la tesis se investigo acerca del proyecto que trata de la ampliación en dos carriles, y su alcance está relacionado a continuación,

La Ampliación de la Autopista Norte así: por la de la Calzada Occidental en dos (2) carriles desde la calle 245 hasta la Caro (4.2 km); por la Calzada Oriental Ampliación en dos (2) carriles desde la calle 245 hasta el peaje Andes (1.0 km) y en un (1) carril desde el peaje Andes hasta La Caro (3.2 km), la Construcción de Anden y Cicloruta entre la calle 245 hasta la Caro (4.2 km)¹⁰

Debido a que se va a adicionar un carril desde el peaje Andes hasta el puente La Caro, no se realizaron modelaciones de posibles soluciones a este problema, la ANI ya tiene firmado este proyecto y está en ejecución en este momento

¹⁰ MINISTERIO DE TRANSPORTE , REPÚBLICA DE COLOMBIA [en línea] DA_PROCESO_16-20-1498_124001001_19237005.pdf [citado el 28 de noviembre de 2016]

Imagen 15. Alcance proyecto ANI



Fuente: Google maps

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Plan de movilidad para los días santos. [en línea]. <http://www.bogota.gov.co/article/plan-de-movilidad-para-los-d%C3%ADas-santos>. [citado en 9 de abril de 2016].
- COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0002307 (12, agosto, 2014) "Por la cual se establecen medidas para la regulación del tráfico vehicular tendientes a garantizar la movilidad en las vías del país y se dictan otras disposiciones," Bogotá D.C., 2014. p2
- Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (Emmop). [en línea]. <<http://www.panchonet.net/index.php/component/content/article/28-animacion--multimedia/2381--6-medidas-para-mejorar-el-transito>> [citado en 19 de mayo de 2016].
- Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Características [en línea] <https://www.udistrital.edu.co/universidad/colombia/bogota/caracteristicas/> [citado el 21 de septiembre de 2016].
- Universidad Nacional autónoma de México. metodologías. [en línea]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A7.pdf?sequence=7> [citado el 3 de noviembre]
- Mozo Sánchez, José, Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000, Bogotá, 2016, P 44.

- Municipios, Chia - Cundinamarca, [en línea]
<http://www.municipios.com.co/cundinamarca/chia> [citado el 21 de septiembre de 2016]

ANEXOS

Anexo A. AFOROS VEHICULARES

Tabla 40. Resultado Aforos vehiculares entrada Autopista Norte

movimiento		Entrada por autopista norte				
periodo	autos	buses	camiones	tractomulas	motos	totales
11:00-11:15	156	10	2	2	8	178
11:15-11:30	160	11	4	2	11	188
11:30-11:45	166	10	3	1	10	190
11:45-12:00	170	12	4	2	11	199
12:00-12:15	179	14	3	4	12	212
12:15-12:30	181	10	2	4	8	205
12:30-12:45	190	18	3	6	22	239
12:45-13:00	195	12	5	5	23	240
13:00-13:15	200	13	7	2	14	236
13:15-13:30	204	11	4	1	12	232
13:30-13:45	203	13	3	2	13	234
13:45-14:00	212	12	5	1	15	245
14:00-14:15	215	12	3	3	13	246
14:15-14:30	220	11	2	2	16	251
14:30-14:45	238	13	6	3	20	280
14:45-15:00	253	14	1	1	22	291
15:00-15:15	262	13	4	1	29	309
15:15-15:30	258	14	3	2	34	311
15:30-15:45	246	11	4	1	42	304
15:45-16:00	243	12	2	1	38	296
16:00-16:15	0	0	0	0	0	0
16:15-16:30	280	15	2	1	39	337
16:30-16:45	0	0	0	0	0	0
16:45-17:00	289	17	5	0	42	353
17:00-17:15	0	0	0	0	0	0
17:15-17:30	305	21	6	1	51	384
17:30-17:45	0	0	0	0	0	0
17:45-18:00	326	22	8	1	55	412
18:00-18:15	0	0	0	0	0	0
18:15-18:30	0	0	0	0	0	0
total	5351	321	91	49	560	6372
porcentaje %	83,98	5,04	1,43	0,77	8,79	100,00

Tabla 41. Resultado Aforos Vehiculares desvió Autopista Norte

movimiento		Desvio autopista norte				
periodo	autos	buses	camiones	tractomulas	motos	totales
11:00-11:15	63	0	1	2	8	74
11:15-11:30	69	1	0	0	9	79
11:30-11:45	71	1	0	1	11	84
11:45-12:00	82	0	1	0	9	92
12:00-12:15	67	0	1	2	12	82
12:15-12:30	74	0	0	1	10	85
12:30-12:45	80	0	3	3	4	90
12:45-13:00	82	0	2	2	6	92
13:00-13:15	86	0	0	2	9	97
13:15-13:30	75	0	2	0	11	88
13:30-13:45	80	2	1	2	8	93
13:45-14:00	84	0	0	1	10	95
14:00-14:15	86	0	2	1	7	96
14:15-14:30	83	1	0	0	10	94
14:30-14:45	76	0	1	2	8	87
14:45-15:00	80	0	3	1	12	96
15:00-15:15	77	1	1	0	7	86
15:15-15:30	91	0	4	1	12	108
15:30-15:45	87	1	2	0	9	99
15:45-16:00	74	0	0	2	5	81
16:00-16:15	0	0	0	0	0	0
16:15-16:30	70	1	2	1	13	87
16:30-16:45	0	0	0	0	0	0
16:45-17:00	73	1	1	1	17	93
17:00-17:15	0	0	0	0	0	0
17:15-17:30	68	0	2	2	21	93
17:30-17:45	0	0	0	0	0	0
17:45-18:00	63	0	3	0	22	88
18:00-18:15	0	0	0	0	0	0
18:15-18:30	0	0	0	0	0	0
total	1841	9	32	27	250	2159
porcentaje %	85,27	0,42	1,48	1,25	11,58	100,00

Tabla 42. Resultado Aforos vehiculares Entrada por Carrera Séptima

movimiento		Entrada por carrera septima				
periodo	autos	buses	camiones	tractomulas	motos	totales
11:00-11:15	33	1	0	1	3	38
11:15-11:30	27	2	1	0	4	34
11:30-11:45	22	1	0	0	3	26
11:45-12:00	28	0	0	0	6	34
12:00-12:15	30	1	0	0	4	35
12:15-12:30	38	0	1	0	5	44
12:30-12:45	45	2	0	0	3	50
12:45-13:00	42	1	0	0	6	49
13:00-13:15	58	2	1	0	8	69
13:15-13:30	68	1	0	0	10	79
13:30-13:45	70	1	0	0	9	80
13:45-14:00	73	0	1	1	12	87
14:00-14:15	86	1	1	0	12	100
14:15-14:30	98	1	0	1	15	115
14:30-14:45	89	0	0	0	8	97
14:45-15:00	110	0	2	0	7	119
15:00-15:15	126	1	0	0	7	134
15:15-15:30	197	1	14	0	11	223
15:30-15:45	216	6	1	1	13	237
15:45-16:00	260	2	0	1	9	272
16:00-16:15	394	17	0	1	17	429
16:15-16:30	363	8	1	1	15	388
16:30-16:45	537	10	7	0	58	612
16:45-17:00	298	3	0	1	21	323
17:00-17:15	255	0	3	2	37	297
17:15-17:30	201	3	0	0	0	204
17:30-17:45	466	8	3	1	47	525
17:45-18:00	346	3	2	0	22	373
18:00-18:15	569	12	8	0	17	606
18:15-18:30	628	10	7	0	62	707
total	5773	98	53	11	451	6386
porcentaje %	90,40	1,53	0,83	0,17	7,06	100,00

Tabla 43. Resultados Aforos vehiculares Desvío Carrera Séptima

movimiento		Desvio carrera séptima				
periodo	autos	buses	camiones	tractomulas	motos	totales
11:00-11:15	2	0	0	0	1	3
11:15-11:30	6	0	0	0	0	6
11:30-11:45	4	0	0	0	2	6
11:45-12:00	5	0	0	0	1	6
12:00-12:15	11	0	0	0	1	12
12:15-12:30	10	0	0	0	2	12
12:30-12:45	13	0	0	0	1	14
12:45-13:00	9	0	0	0	3	12
13:00-13:15	15	0	0	0	2	17
13:15-13:30	13	0	0	0	3	16
13:30-13:45	8	0	0	0	6	14
13:45-14:00	12	0	0	0	11	23
14:00-14:15	12	0	0	0	2	14
14:15-14:30	11	0	0	0	3	14
14:30-14:45	13	0	0	0	1	14
14:45-15:00	12	0	0	0	4	16
15:00-15:15	10	0	0	1	1	12
15:15-15:30	11	0	0	0	0	11
15:30-15:45	8	0	0	2	1	11
15:45-16:00	7	0	0	1	1	9
16:00-16:15	20	0	0	1	3	24
16:15-16:30	7	0	0	0	1	8
16:30-16:45	21	0	1	0	5	27
16:45-17:00	10	0	0	0	2	12
17:00-17:15	19	0	0	0	6	25
17:15-17:30	8	0	0	0	1	9
17:30-17:45	14	0	0	0	3	17
17:45-18:00	13	0	0	0	3	16
18:00-18:15	10	0	0	0	2	12
18:15-18:30	6	1	0	0	0	7
total	320	1	1	5	72	399
porcentaje %	80,20	0,25	0,25	1,25	18,05	100,00

Tabla 44. Resultados Aforos vehiculares Totales

movimiento		TOTALES				
periodo	autos	buses	camiones	tractomulas	motos	totales
11:00-11:15	254	11	3	5	20	293
11:15-11:30	262	14	5	2	24	307
11:30-11:45	263	12	3	2	26	306
11:45-12:00	285	12	5	2	27	331
12:00-12:15	287	15	4	6	29	341
12:15-12:30	303	10	3	5	25	346
12:30-12:45	328	20	6	9	30	393
12:45-13:00	328	13	7	7	38	393
13:00-13:15	359	15	8	4	33	419
13:15-13:30	360	12	6	1	36	415
13:30-13:45	361	16	4	4	36	421
13:45-14:00	381	12	6	3	48	450
14:00-14:15	399	13	6	4	34	456
14:15-14:30	412	13	2	3	44	474
14:30-14:45	416	13	7	5	37	478
14:45-15:00	455	14	6	2	45	522
15:00-15:15	475	15	5	2	44	541
15:15-15:30	557	15	21	3	57	653
15:30-15:45	557	18	7	4	65	651
15:45-16:00	584	14	2	5	53	658
16:00-16:15	414	17	0	2	20	453
16:15-16:30	720	24	5	3	68	820
16:30-16:45	558	10	8	0	63	639
16:45-17:00	670	21	6	2	82	781
17:00-17:15	274	0	3	2	43	322
17:15-17:30	582	24	8	3	73	690
17:30-17:45	480	8	3	1	50	542
17:45-18:00	748	25	13	1	102	889
18:00-18:15	579	12	8	0	19	618
18:15-18:30	634	11	7	0	62	714
total	13285	429	177	92	1333	15316
porcentaje %	86,74	2,80	1,16	0,60	8,70	100,00

Anexo B. Planos de señalización vial, anchos de carril y distribución vehicular

Anexo C. Planos convergencias y divergencias