

# ESTUDIO TÉCNICO DE GESTIÓN DEL TRÁFICO PARA LA VIABILIDAD DE CAMBIOS DE SENTIDOS VIALES DE LA CALLE 21 NORTE Y CALLE 18 NORTE DE LA COMUNA DOS (2), BARRIO VERSALLES EN SANTIAGO DE CALI

El presente informe contiene el diseño, modelación y evaluación en materia de tránsito, de la propuesta hecha por los líderes de la comunidad del barrio Versalles, para cambiar los sentidos viales de la calle 21 Norte y calle 18 Norte, entre Avenida 3 Norte y Avenida 9A Norte, en la ciudad de Santiago de Cali.

APROBÓ:

SUBSECRETARIO, Henry Leonardo Martin Uribe

REVISÓ:

ASESOR, Ing. Hely de Jesús Martínez H.  
COORDINADOR, Ing. Andrés Felipe Ocho D.  
COORDINADORA, Ing. María del Mar Solanilla A.

ELABORÓ:

ING. Andrey Julián Fonseca Soler  
ING. Norbey Ricardo Prada Torres  
ING. Ángel Andrey Ruiz Vargas

EQUIPO DE AFORO

Oscar Mejía  
Diana Alegría  
Steven Núñez

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI  
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

2019

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	6
1. ZONA DE ESTUDIO .....	7
2. METODOLOGÍA .....	8
3. LIMITACIONES Y SUPUESTOS .....	9
4. VOLUMENES .....	9
4.1. INFORMACIÓN SECUNDARIA .....	9
4.1.1. Comportamiento del tráfico vehicular de puntos aforados de los proyectos ejecutados en la zona de estudio (Información secundaria) .....	10
4.2. INFORMACIÓN PRIMARIA .....	12
5. VELOCIDAD DESEADA .....	17
6. FASES SEMAFORICAS .....	17
7. RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO “MIO” .....	18
8. MODELACIÓN .....	19
8.1. CONVERGENCIA DEL MODELO .....	19
8.2. CALIBRACIÓN DEL MODELO .....	19
9. ANÁLISIS DE ESCENARIOS .....	23
9.1. ESCENARIO ACTUAL .....	23
9.2. ESCENARIO FUTURO FASE 1 .....	25
9.2.1. Asignación de Flujos vehiculares privados o particulares .....	25
9.2.2. Asignación de trayectos del sistema de transporte BRT <<MIO>> .....	31
9.2.3. supuestos con respecto a los cambios en la demanda, producto de los escenarios considerados. ....	35
9.2.4. Información escenario futuro fase 1. ....	38
9.3. ESCENARIO FUTURO, FASE 2 .....	42
9.3.1. Asignación de Flujos vehiculares privados o particulares .....	43
9.3.2. Asignación de trayectos del sistema de transporte BRT <<MIO>> .....	46
9.3.3. Información escenario futuro fase 2. ....	47
10. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS .....	50
10.1. COMPARACIÓN ESCENARIOS FASE 1 .....	51
10.2. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS FASE 2 .....	52
11. IMPACTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO POR IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	54
12. CONCLUSIONES .....	55
13. RECOMENDACIONES .....	56
ANEXOS .....	58

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Propuesta de la comunidad de Versalles, cambio viales. ....	6
Figura 2. Intersecciones con información secundaria de aforos vehiculares de la zona de estudio. ....	7
Figura 3. Intersecciones con información secundaria de aforos vehiculares de la zona de estudio. ....	10
Figura 4. Comportamiento del Flujo Vehicular, en periodos de 15 minutos, zona de estudio. ....	11
Figura 5. Comportamiento del Flujo Vehicular, en periodos de 60 minutos o una hora, zona de estudio. ....	11
Figura 6. Puntos de aforo para toma de información en la zona de estudio. ....	13
Figura 7. Distribución del Volumen vehicular en el periodo de análisis, 14:00 horas – 19:00 horas, en periodos de 15 minutos. ....	14
Figura 8. Distribución del Volumen vehicular en el periodo de análisis, 14:00 horas – 19:00 horas, en periodos de 1 Hora. ....	15
Figura 9. Movimientos, intersección Avenida 5 Norte con Calle 18 Norte. ....	16
Figura 10. Programación en Vissim de la intersección semaforizada, Cll 18N – Av. 3N. ....	17
Figura 11. Evaluación del modelo de Versalles, con parámetro $R^2$ ....	21
Figura 12. Mapa de calor, condiciones actuales del sector de estudio en el barrio Versalles. ....	24
Figura 13. Asignación de flujos vehiculares que utilizan el corredor de la Avenida 5 Norte. ....	26
Figura 14. Asignación de flujos vehiculares de la Avenida 9 y 8 Norte que utilizan el corredor de la Calle 21 Norte. ....	27
Figura 15. Asignación de flujos vehiculares de la Avenida 2 y 3 Norte que utilizan el corredor de la Calle 18 Norte. ....	28
Figura 16. Asignación de flujos vehiculares de la Avenida 6 Norte que utilizan el corredor de la Calle 18 y 21 Norte. ....	29
Figura 17. prohibir giro a la izquierda en la intersección de la calle 18 Norte con Avenida 6 Norte, movimiento 5. ....	30
Figura 18. Recorridos nuevos sentido norte – centro. Rutas pretroncales P30A y P27D. ....	31
Figura 19. Recorrido nuevo sentido oeste – Estación Américas. Ruta alimentadora A05. ....	32
Figura 20. Recorridos nuevos sentido centro -- norte. Rutas pretroncales P30A y P27D. ....	33
Figura 21. Adecuación de infraestructura, de la calle 9 Norte, entre Avenida 2 Norte y Avenida 4 Norte, adyacente a la plazoleta Jairo Varela, para que circulen las Rutas P30A y P27D, por ejecución del proyecto en Fase 1. ....	34

Figura 22. Demanda de usuarios que van de Nor - Occidente al Sur en la zona de estudio y utilizan el corredor de la Calle 21 Norte.....	36
Figura 23. Demanda de usuarios que van de Norte a Sur en la zona de estudio y utilizan el corredor de la Calle 21 Norte. ....	37
Figura 24. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 100% - 0%.....	38
Figura 25. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 80% - 20%.....	39
Figura 26. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 70% - 30%.....	40
Figura 27. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 60% - 40%.....	41
Figura 28. Fase 2, cambio del sentido vial de la Avenida 2 Norte desde la Calle 18 Norte hasta la Calle 21 Norte.....	43
Figura 29. Usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 22 Norte – Avenida 5 Norte, Fase 2. ....	44
Figura 30. Asignación de 3 carriles en el tramo de la Calle 21 Norte entre Avenida 3 Norte y Avenida 2 Norte.....	44
Figura 31. Usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 21 Norte – Avenida Las Américas, Fase 2. ....	45
Figura 32. Usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 21 Norte – Avenida 5 Norte, Fase 2. ....	46
Figura 33. Nuevo recorrido para las rutas P30A, P27D y P24B, por cambio vial Av. 2N, Fase 2. ....	47
Figura 34. Escenario Futuro 2, en el cual la demanda es de 70% - 30%, Flujo vehicular Calle 21 Norte – Avenida 5 Norte.....	48
Figura 35. Escenario Futuro 2, en el cual la demanda es de 70% - 30%, Flujo vehicular Calle 21 Norte – Avenida Las Américas.....	49
Figura 36. Comparación de Velocidades escenarios evaluados Fase 1.....	51
Figura 37. Variación de Velocidades de los escenarios evaluados respecto al base, Fase 1. ....	51
Figura 38. Variación de Demoras para los escenarios evaluados respecto al base, Fase 1. ....	51
Figura 39. Comparación de Velocidades escenarios evaluados Fase 2.....	52
Figura 40. Variación de Velocidades de los escenarios evaluados respecto al base, Fase 2. ....	52
Figura 41. Variación de Demoras para los escenarios evaluados respecto al base, Fase 2. ....	53
Figura 42. Otras Propuestas a evaluar, con un modelo dinámico del sector de Versailles. ....	57

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. ....	9
Tabla 2. ....	14
Tabla 3. ....	16
Tabla 4. Rutas del MIO que circulan por la Zona de estudio. ....	18
Tabla 5. Estabilidad del modelo frente a las variaciones aleatorias en los volúmenes de entrada. ....	19
Tabla 6. Resumen volúmenes vehiculares aforados y volúmenes vehiculares simulados, del sector de Versalles. ....	20
Tabla 7. Criterios de Calibración parámetro GEH. ....	22
Tabla 8. Criterios de Evaluación de la Universidad del Valle, para la ciudad de Santiago de Cali. ....	23
Tabla 9. Parámetros de servicio de las intersecciones más críticas en la zona de estudio. ....	24
Tabla 10. Comparación de intersecciones afectadas en la Fase 1, de los escenarios evaluados variando la demanda de usuarios. ....	42
Tabla 11. Comparación de intersecciones afectadas en la Fase 2, de los escenarios evaluados. ....	49
Tabla 12. Comparación de escenarios, Fase 1 y Fase 2. ....	50
Tabla 13. Descripción de los impactos a cada uno de los actores de la Zona de estudio. ....	54

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 3 Norte con Calle 21 Norte. ....	58
Anexo 2. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 3 Norte con Calle 18 Norte. ....	59
Anexo 3. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 6 Norte con Calle 18 Norte. ....	60
Anexo 4. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 4 Norte con Calle 17 Norte. ....	61
Anexo 5. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 6 Norte con Calle 21 Norte. ....	62
Anexo 6. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 9A Norte con Calle 21 Norte. ....	63
Anexo 7. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 5B Norte con Calle 22 Norte. ....	64
Anexo 8. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 2 Norte con Calle 21 Norte. ....	65
Anexo 9. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 4 Norte con Calle 22 Norte. ....	66
Anexo 10. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 5 Norte con Calle 19 Norte. ....	67

## RESUMEN

LA COMUNIDAD ORGANIZADA DEL BARRIO VERSALLES, representada por los líderes de la comunidad, realiza desde hace un tiempo un seguimiento regular a los flujos de circulación de su sector de residencia, a raíz de ello y de múltiples análisis de sus actividades cotidianas, tienen la propuesta de cambiar los sentidos viales de la Calle 21 Norte, Calle 18 Norte y Avenida 2 Norte con el fin de mejorar la movilidad del sector; esta propuesta se evidencia en la Figura 1.

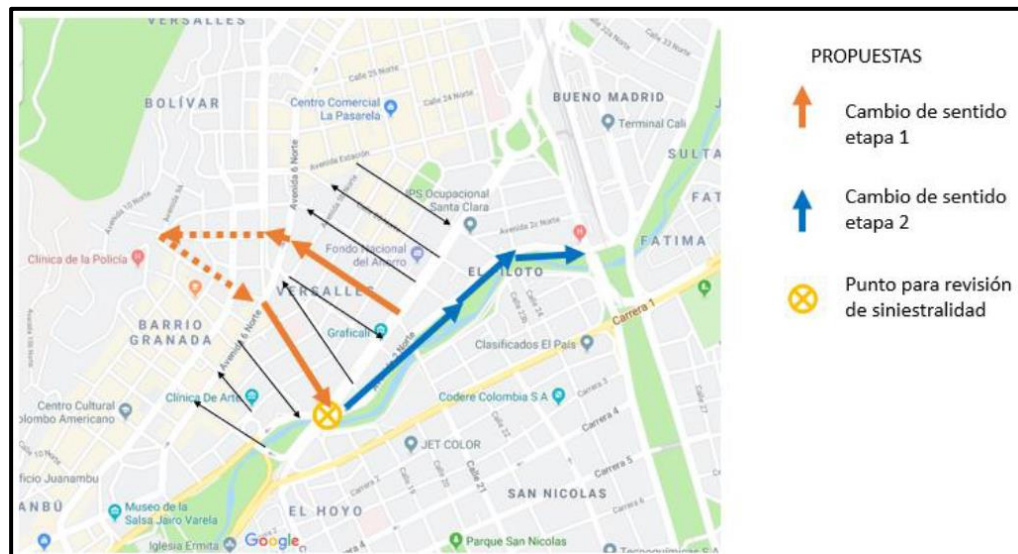


Figura 1. Propuesta de la comunidad de Versalles, cambio viales.

Se realizó una reunión con los representantes técnicos y administrativos de la secretaría de Movilidad y representantes líderes de la comunidad, acta de reunión No. 4152.020.14.143 del 21 de agosto de 2019. A partir de esta reunión la secretaría de movilidad se compromete a analizar la propuesta desde el componente técnico para establecer el alcance que podría tener a nivel de ejecución e implementación por parte de la misma; estudio de interés de este documento.

La secretaría de movilidad detectó factores que alteran la movilidad de vehículos particulares, como lo son: Estacionamiento de vehículos en vía, dificultando maniobras de entrecruzamiento, estacionamiento de vehículos en antejardines, y maniobras de ingreso y salida en estacionamientos.

Para evaluar dicha propuesta se establece una zona de estudio, con el fin de determinar los corredores y zonas que tendrán impacto, sí, en un futuro se llega a implementar estas medidas, para poder pronosticar las incidencias en la movilidad se debe realizar un modelo de simulación de tráfico. La metodología para diseñar las condiciones de movilidad actuales y futuras de la zona de interés es a modo general: Definición de la zona de interés, definición de criterios de evaluación, supuestos y limitaciones y finalmente una modelación de escenarios, evaluación y análisis de resultados; cabe resaltar, que, debido a los recursos de la entidad se desarrolla un modelo estático con un criterio ingenieril en la línea de tránsito.





## 2. METODOLOGÍA

Se estipula una metodología para la toma de información y diseño del modelo de simulación, las cuales se discriminan a continuación:

### LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DISPONIBLE Y DEFINICIÓN DE LÍNEA BASE.

Se recolectará información que sea el insumo del modelo como: Volúmenes vehiculares de la hora de máxima demanda, inventario vial y de señalización de la zona de estudio, rutas de transporte masivo BRT “MIO”, planes semafóricos de las intersecciones reguladas y velocidades de vehículos tipo para la ciudad de Santiago de Cali.

### DEFINICIÓN DE ESCENARIOS, SUPUESTOS, Y LIMITACIONES.

Al diseñar un modelo dinámico y no estático, se deben establecer supuestos y imitaciones en la asignación de los viajes y la demanda. Los escenarios a evaluar son el base (comportamiento actual de la movilidad del sector) y dos escenarios futuros divididos en Fase 1 y Fase 2, según la propuesta de la comunidad.

### DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Se establecen las variables que son más sensibles por los usuarios, variables que tienen mayor percepción por las personas, los criterios que se evalúan son: Longitudes de cola máximas, Nivel de servicio de las intersecciones, demoras al transitar por una intersección, números de paradas y velocidades.

### MODELACIÓN, SIMULACIÓN Y CALIBRACIÓN DE ESCENARIO BASE O CONDICIONES ACTUALES.

Se diseña el modelo en el software VISSIM teniendo como insumo la información recolectada, este modelo se calibra con criterios estadísticos para representar las condiciones actuales de la zona de estudio.

### MODELACIÓN DE ESCENARIOS PROPUESTOS, SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN.

A partir del modelo base, en el modelo diseñado se realizan ajustes con el fin de representar las condiciones futuras (cambios viales) Fase 1 y 2, con el propósito de evaluar y comparar cada uno de los escenarios con las condiciones actuales y así pronosticar incidencias positivas o negativas.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con los datos extraídos del software VISSIM se hacen análisis de los criterios identificados a evaluar y se dan las conclusiones y recomendaciones respectivas.



### 3. LIMITACIONES Y SUPUESTOS

El modelo de micro-simulación no sustituye un modelo de generación y atracción de viajes, por lo que se deben hacer supuestos con respecto a los cambios en la demanda producto de los escenarios considerados.

Se dispone de un modelo de simulación estático, no dinámico, por lo que se deben hacer supuestos con respecto a las decisiones de los usuarios al interior de la red (asignación) en los escenarios considerados.

Los recursos de las entidades públicas son limitados; en este caso:

- Se contaba con un equipo de aforo reducido de tres personas.
- Se recolectó información durante tres semanas, algunas intersecciones debieron ser aforadas por movimientos a lo largo de varios días.
- Se debió optimizar la toma de información y generar supuestos sobre las rutas de viajes al interior de la red y sobre algunos volúmenes de entrada con base en un balanceo de volúmenes aforados.

### 4. VOLUMENES

#### 4.1. INFORMACIÓN SECUNDARIA

Para definir la hora de máxima demanda, con el fin de poder recolectar información primaria en campo, el grupo técnico de la secretaria de Movilidad recolectó información secundaria de aforos de PMTs : PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO CATEGORIA II” CONSTRUCCIÓN TORRE B CLINICA DE OCCIDENTE, Radicado N° 201841730101620572 y ESTUDIOS URBANÍSTICOS PARA EL DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN DE ESPACIO PÚBLICO DE LOS ANDENES DE LA AVENIDA SEXTA ENTRE CALLES 12N Y 36N DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI Radicado N° 201941730100451242; estos proyectos se ejecutaron dentro de la zona de estudio, se desarrolló el respectivo manejo de información y se determinó la hora de máxima demanda.

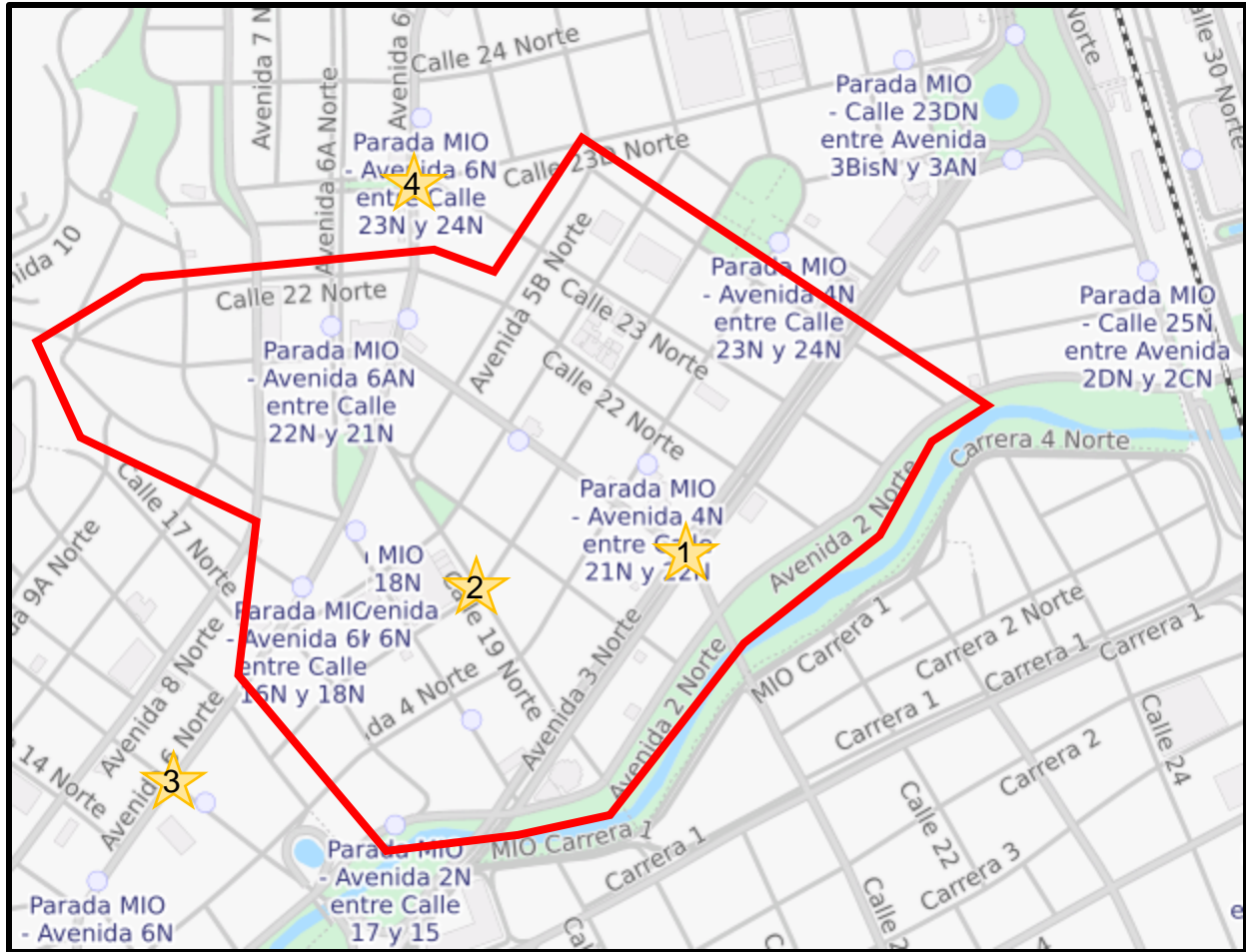
A continuación, se presenta en la Figura 3 y Tabla 1 la ubicación de las intersecciones donde se extrajeron resultados; y en las Figura 4 y Figura 5 las gráficas del comportamiento vehicular a lo largo de un día típico en la zona de estudio para la ciudad de Santiago de Cali.

Tabla 1.

Puntos de aforo información secundaria.

Punto Aforo	Dirección
1	Av. 3 N - CII 21
2	Av. 5 N - CII 19
3	Av. 6 N - CII 15
4	Av. 6 N - CII 23 D

Autores.



Convenciones:

Zona de Estudio



Puntos de aforo

de información secundaria recolectada



Figura 3. Intersecciones con información secundaria de aforos vehiculares de la zona de estudio.

#### 4.1.1. Comportamiento del tráfico vehicular de puntos aforados de los proyectos ejecutados en la zona de estudio (Información secundaria)

De la Figura 4, del total de vehículos que transitan por las intersecciones de estudio de la información secundaria suministrada; para periodos de 15 minutos, se evidencian que a la 7:45 am es el periodo pico de la mañana con un total de 2895 vehículos mixtos, a las 2:45 pm es el periodo pico de la tarde con un total de 2835 Vehículos mixtos y a las 6:00 pm es el periodo pico de noche con un total de 3325 vehículos mixtos.

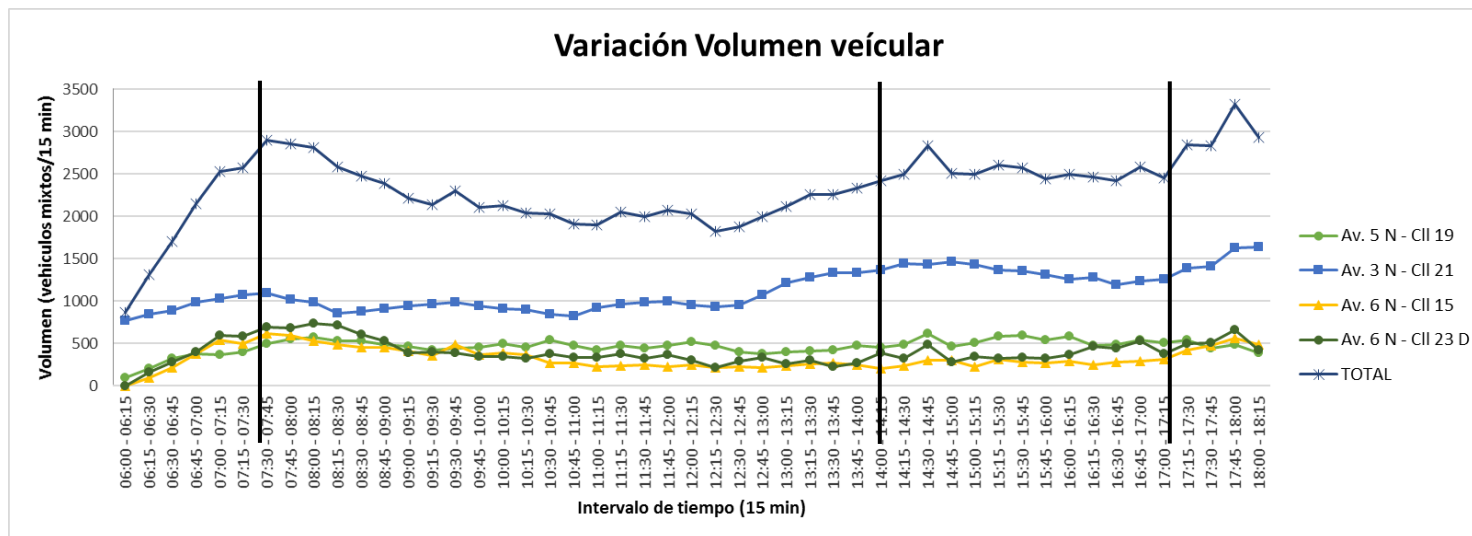


Figura 4. Comportamiento del Flujo Vehicular, en periodos de 15 minutos, zona de estudio.

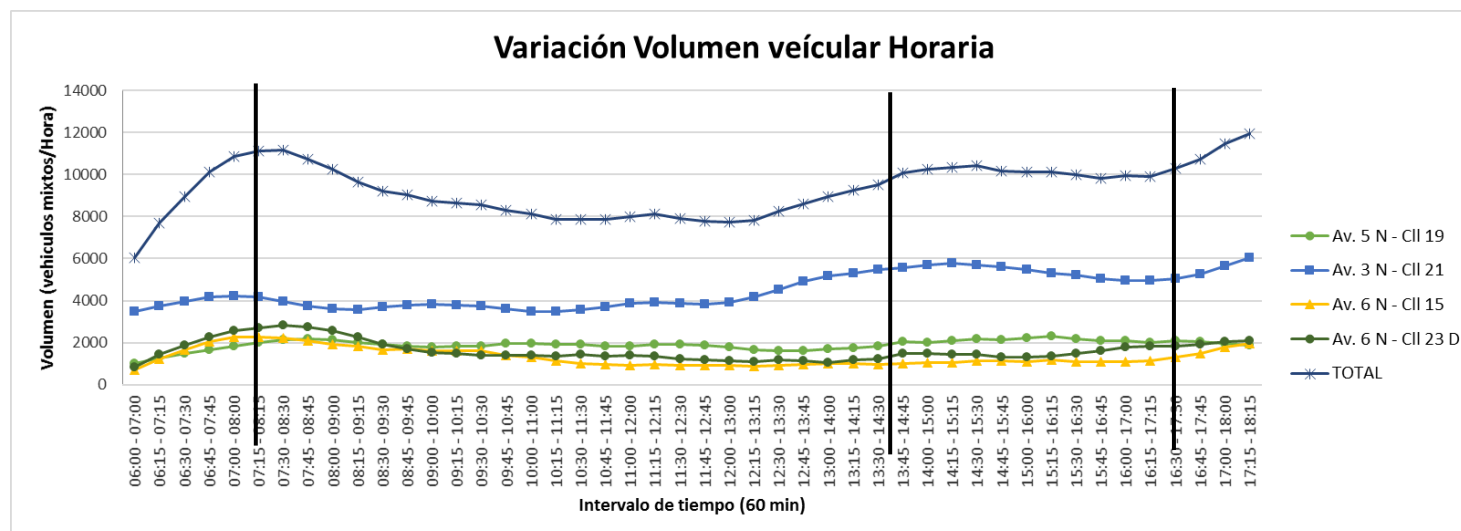


Figura 5. Comportamiento del Flujo Vehicular, en periodos de 60 minuto o una hora, zona de estudio.

De la Figura 5, del total de vehículos que transitan por las intersecciones de estudio de la información secundaria suministrada; para periodos de una hora, el periodo pico de la mañana se presenta de 07:15 am - 08:15 am, el periodo pico de la tarde es de 02:00 pm a 03:00 pm y el periodo pido de la noche es de 05:00 pm a 06:00 pm, de los tres horarios picos, el que presenta la mayor cantidad de vehículos en un periodo específico es de el de la noche, como se puede evidenciar en la Figura 5, esta información se puede comparar con la Figura 4 de periodos de 15 minutos, donde el punto más específico de vehículos mixtos que transitan por la zona de estudio es de 5:45 pm a 6:00 pm, periodo que se encuentra dentro del periodo de una hora de la noche. Cabe resaltar que esta información nos es apropiada para diseñar un modelo en un software especializado de tránsito, por lo tanto, se debe complementar con información primaria de puntos de aforo de volúmenes vehiculares que abarquen los corredores de interés para establecer el comportamiento del flujo vehicular en la zona de estudio. La información secundaria se utilizará para establecer el horario de toma de información.

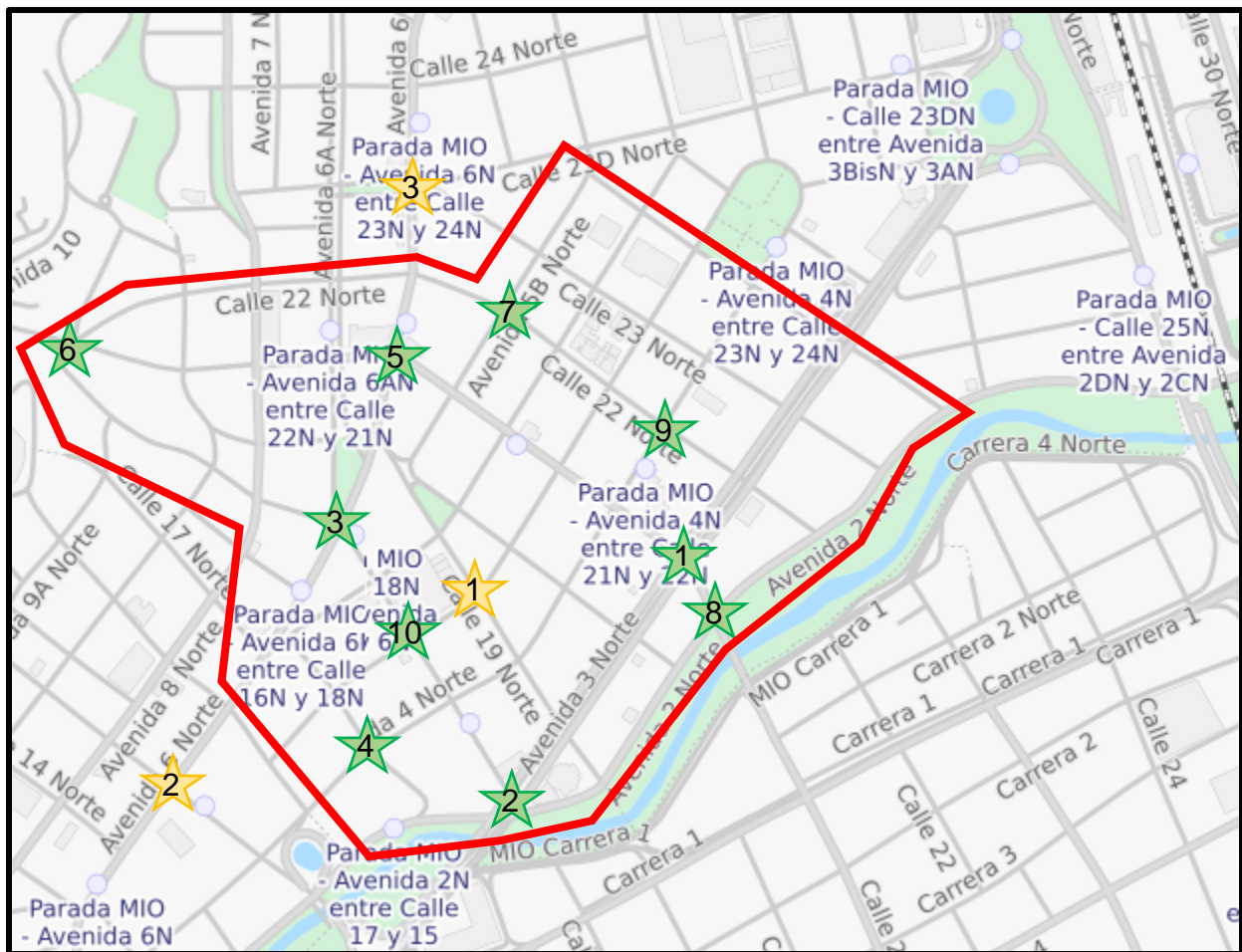
#### 4.2. INFORMACIÓN PRIMARIA

Debido al limitado recurso humano y con el fin de optimizar la recolección de información, se tomaron datos en bloques de seis horas, donde se determinó la variación del flujo vehicular en el periodo pico máximo establecido, que para el caso fue de 05:00 pm – 06:00 pm, por lo tanto, la franja de toma de información es de 01:00 pm a 07:00 pm.

Una vez establecida la hora de máxima demanda, se tomó información primaria de aforos vehiculares en la zona de estudio; primeramente, se determinaron intersecciones satélites en puntos específicos para poder establecer el comportamiento vehicular de manera estática, los puntos de aforo se puede evidenciar en la Figura 6 y Tabla 2; segundo, se realizó un análisis del comportamiento del flujo vehicular y se identificaron Volúmenes Horarios de Máxima demanda VHD; se realizó el balanceo de los volúmenes de la red, y se hallaron datos como Vehículos equivalentes, Factor Hora pico, porcentaje de vehículos pesados (%HV), y porcentaje de Vehículos Livianos (%LV), esta información es insumo para alimentar el modelo en el software VISSIM.

Para transformar los flujos de vehículos mixtos, a flujos de vehículos equivalentes; se tomaron los factores de equivalencia que tiene el grupo técnico de movilidad para la ciudad de Santiago de Cali, que se presentan a continuación:

• Autos	1	• Alimentador	2
• Motos	0.5	• Padrón	2
• Buses	2	• Articulado	2.5
• Buseta	1.5	• Bicicleta	0.3
• Camiones	2.5		



Convenciones:

-Zona de Estudio.



-Puntos de aforo

de información secundaria recolectada.



-Puntos de aforo información primaria.



Figura 6. Puntos de aforo para toma de información en la zona de estudio.

Tabla 2.  
 Puntos de aforo información primaria.

PUNTO AFORO	DIRECCIÓN
1	Av. 3 N - CII 21 N
2	Av. 3 N - CII 18 N
3	Av. 6 N - CII 18 N
4	Av. 4 N - CII 17 N
5	Av. 6 N - CII 21 N
6	CII 21 N - CII 18 N
7	Av. 5B N - CII 22 N
8	Av. 2 N - CII 21 N
9	Av. 4 N - CII 22 N
10	Av. 5 N - CII 18 N

Autores.

En las Figura 6 y Figura 7 Se presenta el comportamiento del volumen vehicular a lo largo del periodo de estudio.

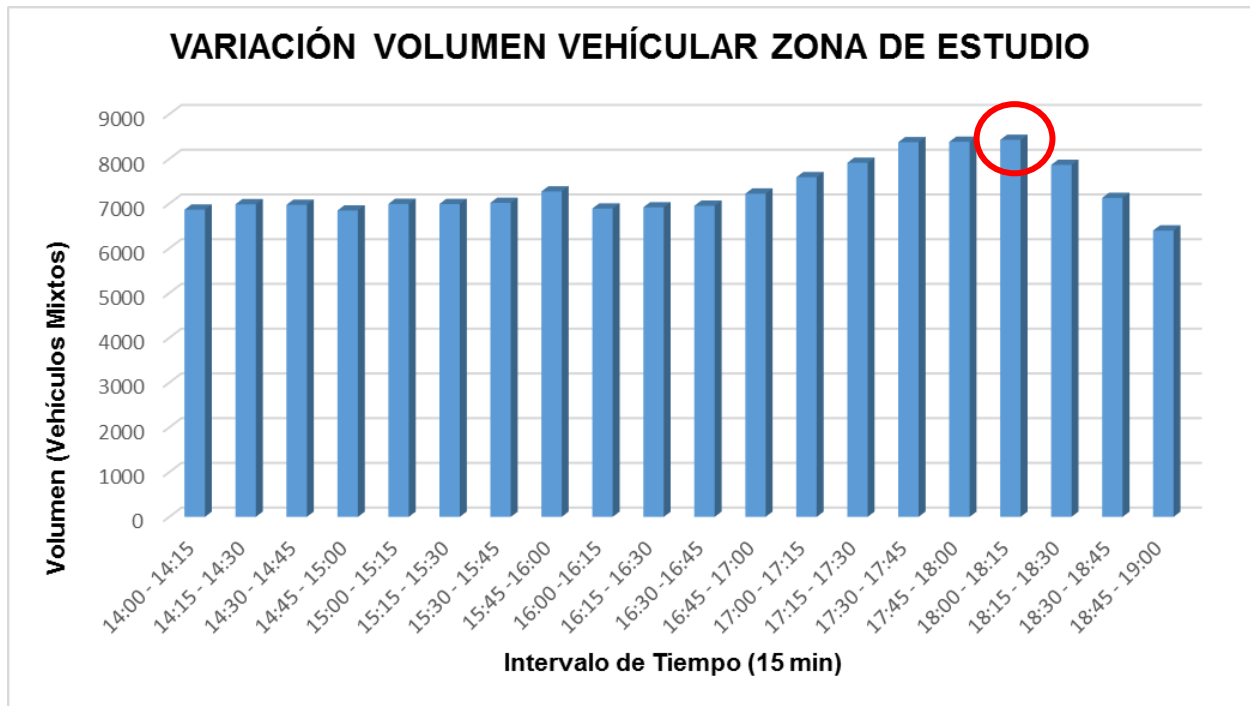


Figura 7. Distribución del Volumen vehicular en el periodo de análisis, 14:00 horas – 19:00 horas, en periodos de 15 minutos.



De la Figura 7 se evidencia que, en periodos de 15 minutos para la zona de estudio, tiene una breve alza del flujo vehicular en el periodo de las 18:00 horas a las 18:15 horas, con una cantidad de flujo vehicular de 8428 vehículos, es el periodo más preciso en el cual la red está completamente cargada y se presentan menores velocidades y mayor congestión, se puede estimar que el Volumen Horario de máxima demanda se podría encontrar entre las 17:00 y las 19:00 horas.

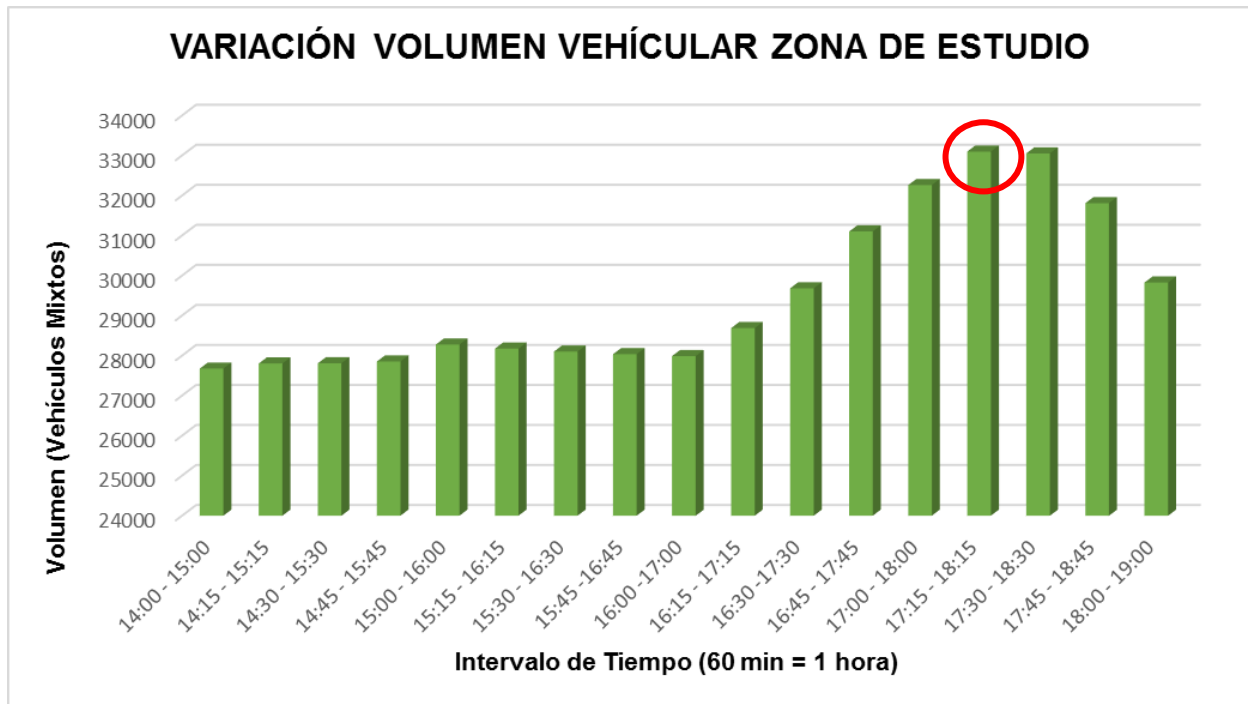


Figura 8. Distribución del Volumen vehicular en el periodo de análisis, 14:00 horas – 19:00 horas, en periodos de 1 Hora.

En la Figura 8 , se precisa con más detalle la variación del flujo vehicular de pasar de una hora valle a una hora pico, y como se pudo deducir en la figura anterior el periodo de hora de máxima demanda se encuentra entre las 17:00 y 19:00, precisamente de las 17:15 horas a las 18:15 horas, es decir de 5:15 pm a 6:15 pm con 33098 vehículos mixtos , es el periodo en el cual la densidad de las vías de la red es alta, y son las condiciones más críticas, está es la condición que se desea representar con un modelación de simulación de tránsito especializado.

Este es el periodo de análisis de los datos recolectados en cada una de las intersecciones y se calcula el factor de hora pico y la composición de vehículos equivalentes.

A continuación, se presenta un ejemplo Figura 9 y Tabla 3, de la intersección Avenida 5 Norte con Calle 18 Norte con el resumen de la información de volúmenes que será ingresada en el software de modelación del tránsito Vissim.

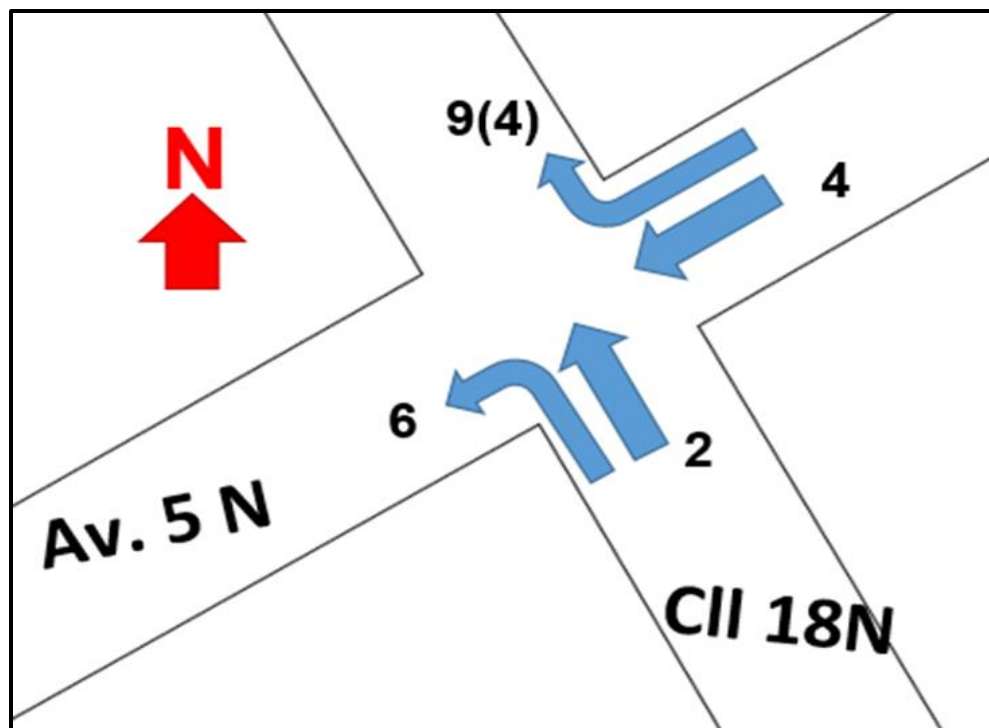


Figura 9. Movimientos, intersección Avenida 5 Norte con Calle 18 Norte.

Tabla 3.

Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 5 Norte con Calle 18 Norte.

Mov 2	FHP	0.75	Mov 6	FHP	0.93	Mov 4	FHP	0.87	Mov 9(4)	FHP	0.72
Bicicletas	8	Bici equiv 2.4	Bicicletas	5	Bici equiv 1.5	Bicicletas	7	Bici equiv 2.1	Bicicletas	0	Bici equiv 0.0
Automoviles	54	Automoviles Equivalentes 54	Automoviles	27	Automoviles Equivalentes 27	Automoviles	1028	Automoviles Equivalentes 1028	Automoviles	82	Automoviles Equivalentes 82
Motos	85	Motos Equivalentes 42.5	Motos	40	Motos Equivalentes 20	Motos	490	Motos Equivalentes 245	Motos	25	Motos Equivalentes 12.5
Camión	3	Camiones Equivalentes 7.5	Camión	0	Camiones Equivalentes 0	Camión	2	Camiones Equivalentes 5	Camión	0	Camiones Equivalentes 0
Bus	2	Bus Equivalente 4	Bus	0	Bus Equivalente 0	Bus	1	Bus Equivalente 2	Bus	0	Bus Equivalente 0
Bus Padrón	15	Bus Padrón Equivalente 30	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente 0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente 0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente 0
Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente 0	Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente 0	Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente 0	Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente 0
Total Mixto	159	Total Equiva 138	Total Mixto	67	Total Equiva 47	Total Mixto	1521	Total Equiva 1280	Total Mixto	107	Total Equiva 94.5
Hv (Mixto)	13%	Hv (Equiv) 30%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv) 0%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv) 1%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv) 0%
Lv (Mixto)	87%	Lv (Equiv) 70%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv) 100%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv) 99%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv) 100%

Fuente: Autores.

Las tablas de los volúmenes para cada una de las intersecciones que son afectadas en la zona de estudio; se pueden evidenciar en los Anexos 1,2,3,4,5,6,7,8,9 y 10

## 5. VELOCIDAD DESEADA

Es la velocidad con la cual simula en el software Vissim, esta variable, es la velocidad a flujo libre por tipo de vehículo discriminado y que transita por la red de estudio, a continuación, se presentan las velocidades a flujo libre consideradas por el grupo técnico de la secretaria para la ciudad de Santiago de Cali.

- Automóvil = 50 Km/h
- Motocicleta = 70 km/h
- Bus = 40 km/h
- Bus Padron = 60 Km/h
- Bus Articulado = 60 Km/h
- Camión = 40 Km/h
- Bicicleta = 15 Km/h

## 6. FASES SEMAFORICAS

Un modelo de tránsito debe representar el entorno real de un flujo de vehicular y las condiciones de control del mismo; por lo tanto, las señales de tránsito es un factor predominante del comportamiento del tránsito vehicular. Se establecieron las intersecciones controladas con semáforos en la zona de estudio, y las fases de los planes semafóricos se obtuvieron de la central semafórica de la secretaria de movilidad, el periodo del plan semafórico que se ingresó en el software fue el que corresponde al periodo de máxima demanda calculado de los volúmenes vehiculares de la información primaria, que para este modelo fue de 5:15 pm a 6:15 pm.

En la Figura 10 Se presenta un ejemplo de la programación del semáforo de la Calle 18 Norte con Avenida 5 Norte.

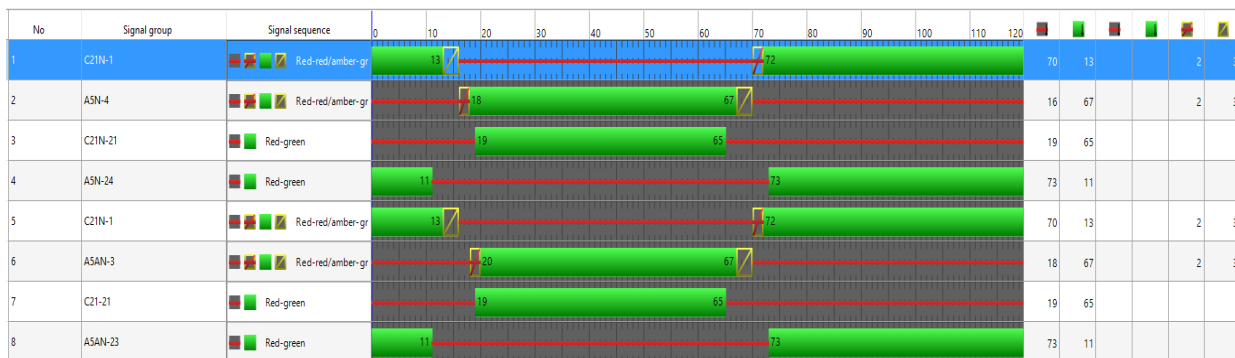


Figura 10. Programación en Vissim de la intersección semaforizada, CII 18N – Av. 3N.

## 7. RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO “MIO”

Mediante reunión celebrada entre la Secretaria de Movilidad y la empresa de Transporte Público Metro - Cali, con el fin de determinar la viabilidad de invertir los sentidos de circulación de las calles 18N y 21N entre avenidas 3N y 6N, los cuales quedarían operando en sentido Norte-Sur y Sur-Norte respectivamente, LA SECRETARIA DE Movilidad solicito información sobre los impactos a la operación y el servicio de las rutas que circulan en la zona de estudio.

Se establecieron los recorridos de las rutas involucradas en la zona de estudio las cuales se modelaron en el software Vissim teniendo en cuenta parámetros como: la frecuencia del Bus, el sesgo de la llegada en puntos de parada en un tiempo determinado, la tipología y velocidad de los vehículos, en la Tabla 4 se muestra un resumen de la operación y características de las rutas que circulan por la zona de estudio.

Tabla 4.  
Rutas del MIO que circulan por la Zona de estudio.

RUTA	FRECUENCIA (Bus/h)	DESV. ESTANDAR, INTERVALO MÍN (min)	TIPOLOGÍA	VELOCIDAD (Km/h)	SERVICIO	NOMBRE DE LA RUTA
A01A	5	0.76	Padrón	11.86	Alimentador	SAN BOSCO - C.A.M - CENTRO
A05	6	2.03	Padrón	15.40	Alimentador	Av. DE LAS AMÉRICAS - C.A.M. - LA PORTADA
E21	14	1.64	Articulado	19.11	Expresa	TERMINAL MENGUA - UNIVERSIDADES
E27	6	2.15	Padrón	18.78	Expresa	TERMINAL MENGUA - CAPRI
E27B	6	0.85	Padrón	17.86	Expresa	Av DE LAS AMERICAS - UNIDAD DEPORTIVA
E52	7	0.71	Padrón	16.71	Expresa	NUEVO LATIR - TERMINAL CALIPSO - TERMINAL
P21A	5	2.07	Padrón	13.94	Pretroncal	UNIVERSIDADES - CENTRO - AV LAS AMÉRICAS
P24B	5	2.89	Padrón	12.88	Pretroncal	C.A.M - TERMINAL ANDRÉS SANÍN
P27D	6	1.72	Padrón	14.91	Pretroncal	TERMINAL MENGUA - CAPRI
P30A	11	2.51	Padrón	14.25	Pretroncal	FLORA INDUSTRIAL - TERMINAL MENGUA - CENTRO
P52D	7	2.81	Padrón	13.24	Pretroncal	CIUDAD CORDOBA - CENTRO - TERMINAL
P72	5	1.40	Padrón	14.14	Pretroncal	CAPRI - CENTRO EMPRESA
T42	7	2.22	Padrón	18.21	Troncal	PIZAMOS - CENTRO - TERMINAL

Autores (A partir de información del Sistema MIO)

## 8. MODELACIÓN

Con los datos recolectados por el grupo técnico de la subsecretaría de movilidad sostenible y seguridad vial descritos en los apartados anteriores, se diseñó en el software VISSIM las condiciones actuales o escenario base; con el fin de determinar si el modelo representa la realidad se evalúa con los siguientes criterios que se enuncian, a continuación:

### 8.1. CONVERGENCIA DEL MODELO

La representación de la realidad en un modelo de tránsito es la clave para poder realizar inferencias, deducciones y cálculos, la asignación estadística que utiliza el software VISSIM para generar vehículos, debe llegar a un punto donde los valores generados se sean similares. Se asignaron varias semillas de generación de vehículos, en la Tabla 5 Se presentan el número de semillas utilizadas. No se evidencian variaciones críticas de los indicadores de resultado al variar la semilla de generación aleatoria, por lo tanto se establece que el modelo es estable frente a las variaciones aleatorias en los volúmenes de entrada.

Tabla 5.

Estabilidad del modelo frente a las variaciones aleatorias en los volúmenes de entrada.

Escenario	Tiempo de Simulación	Velocidad media (Km/h)	Demora media (seg)	Número de Paradas	Demora media por parada (seg)
1	900-4500	13.6	155.6	6	105.6
2	900-4500	14.3	144.2	6	96.3
3	900-4500	14.1	147.4	6	99.6
4	900-4500	14.2	144.4	6	93.8

Autores, a partir de datos del software VISSIM.

### 8.2. CALIBRACIÓN DEL MODELO

La representación de la realidad en un modelo de tránsito es la clave, para poder realizar inferencias, deducciones y cálculos, una forma estadística y empírica es el uso de fórmulas e indicadores, que indican de una manera matemática, la representación acertada de lo real en el flujo vehicular como lo es el modelo  $R^2$  y el parámetro de GEH.

En la Tabla 6, se presenta un resumen de los volúmenes aforados por intersecciones, en la zona de estudio, y los volúmenes modelados en el software PTV VISSIM.

Tabla 6.  
Resumen volúmenes vehiculares aforados y volúmenes vehiculares simulados, del sector de Versalles.

No.	INTERSECCIÓN	Mov - ARCO	VOLUMEN OBSERVADO	VOLUMEN MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS			CALIBRACIÓN FLUJOS		
					GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3	GEH < 5	GEH < 10	GEH < 12
1	1_Av.3N - Cil.21N	1	1,835	1586	6.0	0	-	1	-	0	1	1
2	1_Av.3N - Cil.21N	9(1)	211	171	2.9	1	1	-	-	1	1	1
3	1_Av.3N - Cil.21N	5	367	291	4.2	1	1	-	-	1	1	1
4	1_Av.3N - Cil.21N	4	1,972	1730	5.6	0	-	1	-	0	1	1
6	1_Av.3N - Cil.21N	3	877	893	0.5	1	-	1	-	1	1	1
7	1_Av.3N - Cil.21N	9(3)	26	13	2.9	1	1	-	-	1	1	1
8	1_Av.3N - Cil.21N	9(2)	334	322	0.7	1	1	-	-	1	1	1
9	2_Av.3N - Cil.18N	2	170	125	3.7	1	-	-	-	1	1	1
10	2_Av.3N - Cil.18N	9(2)	2	3	0.6	1	1	-	-	1	1	1
11	2_Av.3N - Cil.18N	3	901	917	0.5	1	-	1	-	1	1	1
12	2_Av.3N - Cil.18N	9(4)	54	40	2.0	1	1	-	-	1	1	1
13	2_Av.3N - Cil.18N	4	2,519	2206	6.4	0	-	1	-	0	1	1
14	2_Av.3N - Cil.18N	2T	1,353	1355	0.1	1	-	1	-	1	1	1
15	3_Av.6N - Cil.18N	3	2,504	2530	0.5	1	-	1	-	1	1	1
16	3_Av.6N - Cil.18N	7	7	11	1.3	1	1	-	-	1	1	1
17	3_Av.6N - Cil.18N	2	43	41	0.3	1	1	-	-	1	1	1
18	3_Av.6N - Cil.18N	9(2)	216	179	2.6	1	1	-	-	1	1	1
19	3_Av.6N - Cil.18N	10(4)	121	121	0.0	1	1	-	-	1	1	1
20	4_Av.4N - Cil.17N	3	2,149	2035	2.5	1	-	1	-	1	1	1
21	4_Av.4N - Cil.17N	9(3)	0	0	-	-	1	-	-	-	-	-
22	4_Av.4N - Cil.17N	1	1,050	948	3.2	1	-	1	-	1	1	1
23	4_Av.4N - Cil.17N	5	20	16	0.9	1	1	-	-	1	1	1
24	5_Av.6N - Cil.21N	3	2,482	2145	7.0	0	-	1	-	0	1	1
25	5_Av.6N - Cil.21N	9(3)	845	669	6.4	0	-	0	-	0	1	1
26	5_Av.6N - Cil.21N	1	976	997	0.7	1	-	1	-	1	1	1
27	5_Av.6N - Cil.21N	5	49	54	0.7	1	1	-	-	1	1	1
28	6_Av.9a N - Cil.21N	4 (9A N)	20	24	0.9	1	1	-	-	1	1	1
29	6_Av.9a N - Cil.21N	6	31	43	2.0	1	1	-	-	1	1	1
30	6_Av.9a N - Cil.21N	9(4)	154	162	0.6	1	1	-	-	1	1	1
31	6_Av.9a N - Cil.21N	1	0	0	-	-	1	-	-	-	-	-
32	6_Av.9a N - Cil.21N	9(1)	0	0	-	-	1	-	-	-	-	-
33	7_Av.5b N - Cil.22N	2	783	864	2.8	1	-	1	-	1	1	1
34	7_Av.5b N - Cil.22N	6	112	103	0.9	1	-	-	-	1	1	1
35	7_Av.5b N - Cil.22N	4	542	575	1.4	1	1	-	-	1	1	1
36	7_Av.5b N - Cil.22N	9(4)	6	7	0.4	1	1	-	-	1	1	1
37	8_Av.2N - Cil.21N	1	1,799	1617	4.4	1	-	1	-	1	1	1
38	8_Av.2N - Cil.21N	9(1)	62	40	3.1	1	1	-	-	1	1	1
39	8_Av.2N - Cil.21N	4	1,463	1471	0.2	1	-	1	-	1	1	1
40	8_Av.2N - Cil.21N	9(4)	6	5	0.4	1	1	-	-	1	1	1
41	8_Av.2N - Cil.21N	8	380	368	0.6	1	-	-	-	1	1	1
42	8_Av.2N - Cil.21N	2	334	317	0.9	1	1	-	-	1	1	1
43	9_Av.4N - Cil.22N	3	1,735	1708	0.7	1	-	1	-	1	1	1
44	9_Av.4N - Cil.22N	7	301	300	0.1	1	1	-	-	1	1	1
45	9_Av.4N - Cil.22N	2	594	684	3.6	1	1	-	-	1	1	1
46	9_Av.4N - Cil.22N	9(2)	279	136	9.9	0	0	-	-	0	1	1
47	10_Av.5N - Cil.18N	2	152	139	1.1	1	1	-	-	1	1	1
48	10_Av.5N - Cil.18N	6	72	58	1.7	1	1	-	-	1	1	1
49	10_Av.5N - Cil.18N	4	1,528	1403	3.3	1	-	1	-	1	1	1
50	10_Av.5N - Cil.18N	9(4)	107	87	2.0	1	1	-	-	1	1	1
51	1A_Av.5N - Cil.19N	2	81	67	1.6	1	1	-	-	1	1	1
52	1A_Av.5N - Cil.19N	6	52	47	0.7	1	1	-	-	1	1	1
53	1A_Av.5N - Cil.19N	4	1,583	1492	2.3	1	-	1	-	1	1	1
54	1A_Av.5N - Cil.19N	9(4)	136	125	1.0	1	1	-	-	1	1	1

33,395	31,240	12.0	88%	97%	94%	-	88%	100%	100%
TOTAL OBSERVADO	TOTAL MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	% ACEPTACIÓN GEH < 5	% ACEPTACIÓN GEH < 10	% ACEPTACIÓN GEH < 12

6%  
ERROR PRECIÓN

CRITERIOS USA - Federal Highway Administration - FHWA (2004)	
✓ 1	Flujos de arcos individuales >=85%
✗ 2	Suma de todos los flujos por arco <=5%
✗ 3	GEH para flujos por arco individual >=85%
✗ 4	GEH para suma sobre flujos de arco, GEH < 4

CRITERIOS UNIVERSIDAD DEL VALLE PARA SANTIAGO DE CALI	
✓ 1	EI 60% de los valores de GEH < 5
✓ 2	EI 95% de los valores de GEH < 10
✓ 3	EI 100% de los valores de GEH < 12

Autores.



## Calibración por $R^2$

La calibración por  $R^2$  indica la dispersión de los valores reales tomados en campo respecto los valores simulados mediante un modelo, en la Figura 11 Se evidencia los valores aforados v/s los valores modelados en el software.

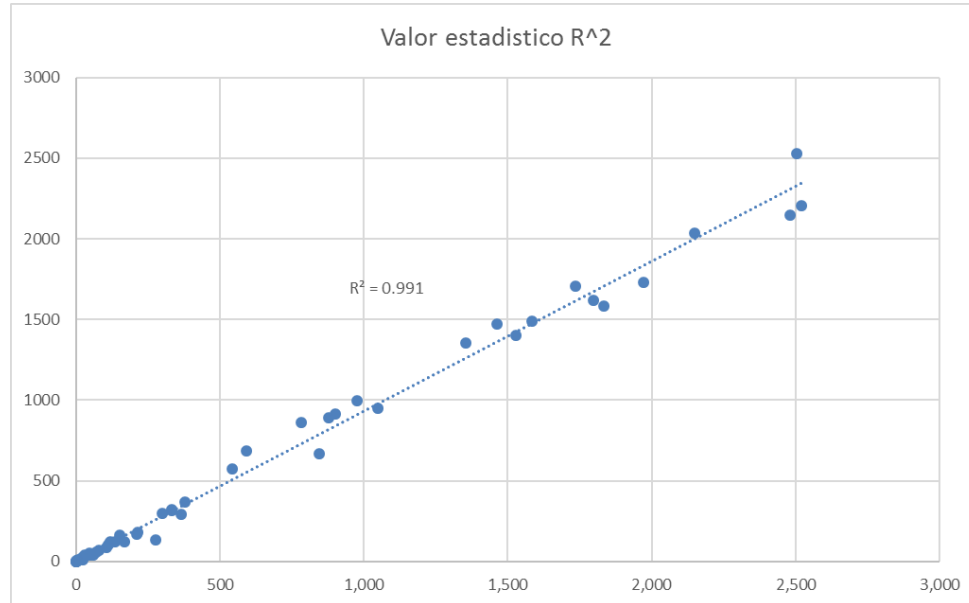


Figura 11. Evaluación del modelo de Versailles, con parámetro  $R^2$

Según el parámetro  $R^2$  igual a 0.99, indica que los valores tienden a un comportamiento lineal, y la dispersión de los valores simulados, respecto a los valores modelados es baja, y se puede inferir que el modelo representa adecuadamente la realidad.

## Calibración GEH

Es una medida estadística de tipo empírica, la cual tiene unos parámetros de evaluación de valores estipulados; en la Tabla 7 se muestran los criterios que se tuvieron en cuenta para determinar si el comportamiento vehicular en el software Vissim, representaba adecuadamente la realidad.

- Arco, según el volumen que transita por cada uno
- Red.

Tabla 7.  
Criterios de Calibración parámetro GEH

Criterio y Mediciones (Valores modelados versus observados)	Aceptación de calibración	Comentarios / Fuente
Flujos de Arcos individuales	> 85% de casos	
dentro de 100 veh/h para flujos <700 veh/h	> 85% de casos	
dentro de 15% para 700 <flujos < 2700 veh/h	> 85% de casos	USA-Federal Highway Administration - FHWA (2004)
dentro de 400 veh/h para flujos > 2700 veh/h	> 85% de casos	
Estadístico GEH* <5 para flujos por arco individual	> 85% de casos	
Estadístico GEH* para suma sobre flujos de arco	< 4	
Suma de todos los flujos por arco	Precisión = 5%	

DOWLING, R., J. HOLLAND and A. HUANG. 2002.

La expresión estadística GEH se calcula como sigue:

$$GEH = \sqrt{\frac{(E - V)^2}{\left(\frac{E + V}{2}\right)}}$$

Dónde:

GEH: Indicador estadístico

E: Volumen estimado modelo.

V: Volumen medido en campo

Wisconsin DOT, 202

Según la Tabla 6 se evidencia que el modelo se calibro y cumple con los criterios expuestos anteriormente; un 88% del valor estadístico  $GEH^* < 5$  para flujos por arco individual, 97% para flujos dentro de 100 veh/h para flujos < 700 veh/h y 94% para flujos en el rango  $700 < \text{flujos} < 2700$  veh/h.

De los cuatro criterios que propone el FHWA, solo se cumplen 2, debido a que los parámetros expuestos, son para proyectos de tipo investigativo y requieren de mayor rigurosidad en toma de información y de las condiciones propias del sector, pero aun así se toma en cuenta debido a la exigencia de sus criterios, cabe mencionar que el error de calibración es del 6% para el total de datos generados versus los contados, y el criterio exige 5%, no es tan desfasado, indicando que la calibración es buena.

Para complementar la selección de criterios para determinar si esta calibrado el modelo, se toma en cuenta los criterios de la Universidad del Valle para la ciudad de Cali, que se presentan a continuación.

Tabla 8.

Criterios de Evaluación de la Universidad del Valle, para la ciudad de Santiago de Cali.

<b>Criterio y Mediciones (Valores modelados versus observados)</b>	<b>Aceptación de calibración</b>	<b>Comentarios / Fuente</b>
El 60% de los valores	GEH < 5	Universidad del Valle,
El 95% de los valores	GEH < 10	Contrato interadministrativo
El 100% de los valores	GEH < 12	No. 4152.0.27.1.002 de 2017

Universidad del Valle.

Según los parámetros expuestos por la universidad del valle para la ciudad de Cali, cumple todos los criterios, información que se pueden evidenciar en la Tabla 6. Se puede inferir que el modelo cumple con los criterios estadísticos de evaluación, y que representa adecuadamente la realidad, del comportamiento vehicular de la zona de estudio de una manera estática, y con suposiciones acordes a las condiciones de la zona de estudio.

## 9. ANÁLISIS DE ESCENARIOS

Según la petición de la comunidad de Versalles, de cambiar los sentidos viales de las calles 18 Norte y 21 Norte entre Avenida 3 Norte y Avenida 9A Norte, se evaluó las condiciones actuales del comportamiento del flujo vehicular con variables que son sensibles para el usuario como los tiempos de demora en un viaje, colas vehiculares, número de paradas y velocidad de desplazamiento.

### 9.1. ESCENARIO ACTUAL

Se diseñaron las condiciones actuales de infraestructura a partir de:

- Visitas en campo.
- Imágenes satelitales para determinar el espacios, señalización y demarcación existente.
- Rutas de transporte Masivo involucradas en la zona de estudio y suministradas por la empresa Metro-Cali.
- Volúmenes de tráfico recolectados, tabulados y analizados.
- Planes de semaforización de las intersecciones controladas en la zona de estudio, suministradas por la secretaria de Movilidad
- Calibración del modelo, para representar las condiciones actuales.

Una vez efectuada la calibración del modelo en la zona de estudio se hace una evaluación de las condiciones actuales, en la Figura 12 Se muestra en un mapa de color las velocidades a las cuales circulan actualmente los flujos vehiculares en el sector de Versalles.

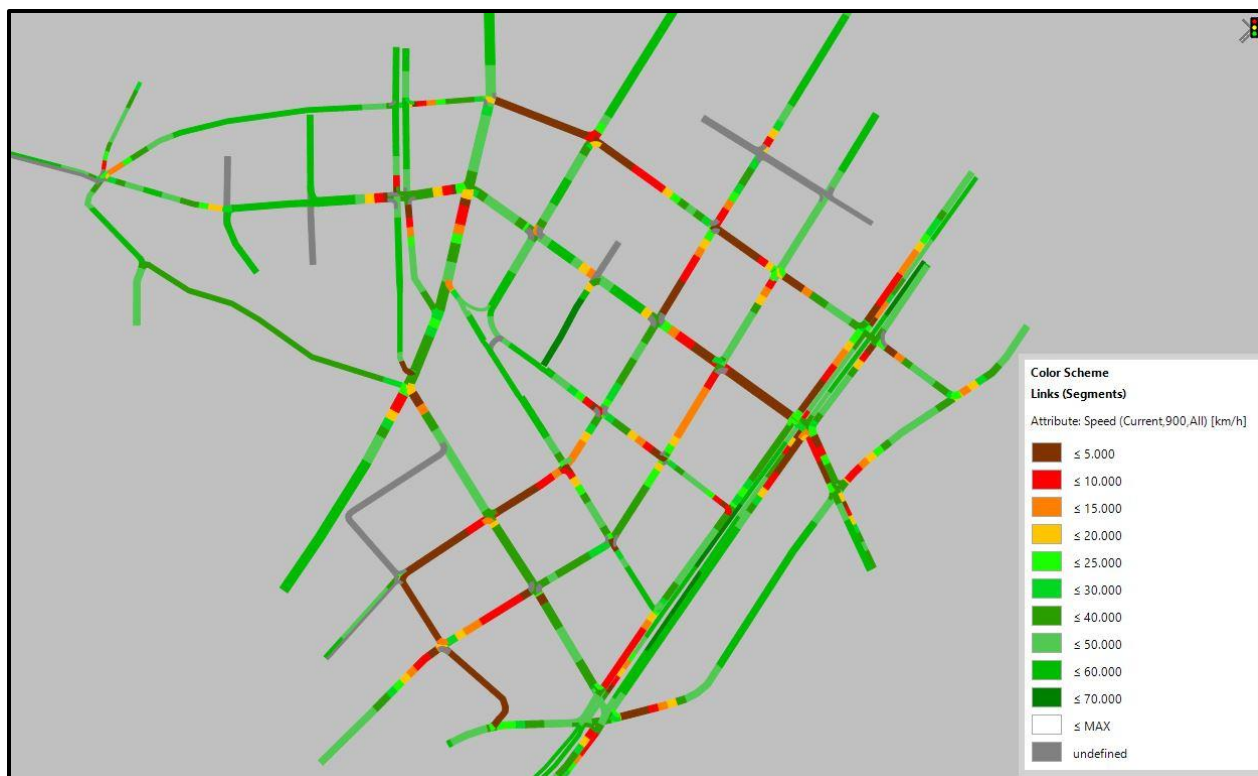


Figura 12. Mapa de calor, condiciones actuales del sector de estudio en el barrio Versalles.

A partir de la Figura 12, se observa que los corredores más afectados, son la calle 17 Norte, Calle 21 Norte, Avenida 5 Norte y parte de la Avenida de las Américas o Avenida 3 Norte, con velocidades que se reflejan entre 5 y 10 Km/h.

En general la velocidad de la zona de estudio es de 13.6 Km/h.

En la Tabla 9 Se presenta a nivel micro, las intersecciones de mayor interés de los corredores que serán afectados.

Tabla 9.

Parámetros de servicio de las intersecciones más críticas en la zona de estudio.

Intersección	Longitud de cola promedio (m)	Longitud de cola maxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Demoras por paradas (seg)	Número de Paradas
Av. 3 N - Cll 18 N, Particular	30.9	116.0	LOS_D	33	28	1
Av. 3 N - Cll 18 N, MIO	2.4	65.0	LOS_C	18	7	1
Av. 4 N - Cll 18 N	18.2	119.1	LOS_C	34	27	1
Av. 5 N - Cll 18 N	23.4	181.3	LOS_E	62	48	2
Av. 6 N - Cll 18 N	6.3	54.6	LOS_A	10	8	0
Av. 3 N - Cll 21 N, Particular	50.1	121.8	LOS_F	70	62	2
Av. 3 N - Cll 21 N, MIO	2.2	27.2	LOS_C	18	11	1
Av. 4 N - Cll 21 N	31.6	154.3	LOS_D	38	27	1
Av. 5 N - Cll 21 N	55.3	222.6	LOS_C	27	22	1
Av. 6 N - Cll 21 N	10.8	77.7	LOS_B	19	15	1
Av. 2 N - Cll 21 N	18.9	89.5	LOS_C	23	18	1
Av. 4 N - Cll 17 N	74.6	201.4	LOS_E	48	48	2

Autores, a partir de valores extraídos del software VISSIM.

A nivel micro, según los datos extraídos de software Vissim, se evidencia en la Tabla 9, las intersecciones que tienen mayores incidencias, son:

Avenida 3 Norte – Calle 18 Norte, donde se alcanza a presentar longitudes máximas de colas de 116 m, tienen un nivel de servicio D, en el cual según la metodología HCM, indica una circulación alta de vehículos, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de incomodidad.

Avenida 3 Norte – Calle 21 Norte, presentan la peor condición de tráfico existente <<F>>, demoras de paso por la intersección de 1.10 minutos, y longitudes de cola máximas de 121 m, en estos lugares se forman colas donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque extremadamente inestables típicas de los “cuellos de botella”.

Avenida 4 Norte – Calle 21 Norte, se pueden presentar colas máximas de hasta 151 m, demoras en la intersección de medio minuto, y por cada vez que se detenga el vehículo genera 27 segundos de demoras, una condición de nivel de servicio igual a <<D.>>.

Avenida 4 Norte – Calle 17 Norte, el nivel de servicio de esta intersección es <<E>>, velocidades alrededor de 5 Km/h, se pueden presentar colas de hasta 204 m, en la intersección la libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”.

Avenida 5 Norte – Calle 18 Norte, se pueden presentar colas máximas de hasta 161 m, demoras en la intersección de un minuto, y por cada vez que se detenga el vehículo, genera un minuto de demora, una condición de nivel de servicio <<E>>, la libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”.

## 9.2. ESCENARIO FUTURO FASE 1

Para evaluar el escenario futuro 1, se proponen condiciones en las cuales los flujos vehiculares toman un camino alternativo (asignación), según las condiciones actuales de tránsito y cambios de sentidos viales de los corredores de interés.

### 9.2.1. Asignación de Flujos vehiculares privados o particulares.

En las Figuras 13, 14, 15, 16 y 17, se exponen los supuestos de asignación de rutas que tomaran los vehículos particulares en un escenario en el cual se cambian los sentidos viales de los corredores de interés.

Suposición 1, flujos vehiculares que utilizan el corredor de la Avenida 5 Norte.

Los volúmenes que vienen por la avenida 5 Norte y suben por la calle 18 y 19 Norte; se pronostica que tomarán en un futuro la calle 21 Norte, este mismo comportamiento se va a evidenciar con los que bajan por la calle 21 Norte, y en un futuro lo harán por la calle 18 Norte, en la Figura 13, se muestra de una forma esquemática de tal supuesto.

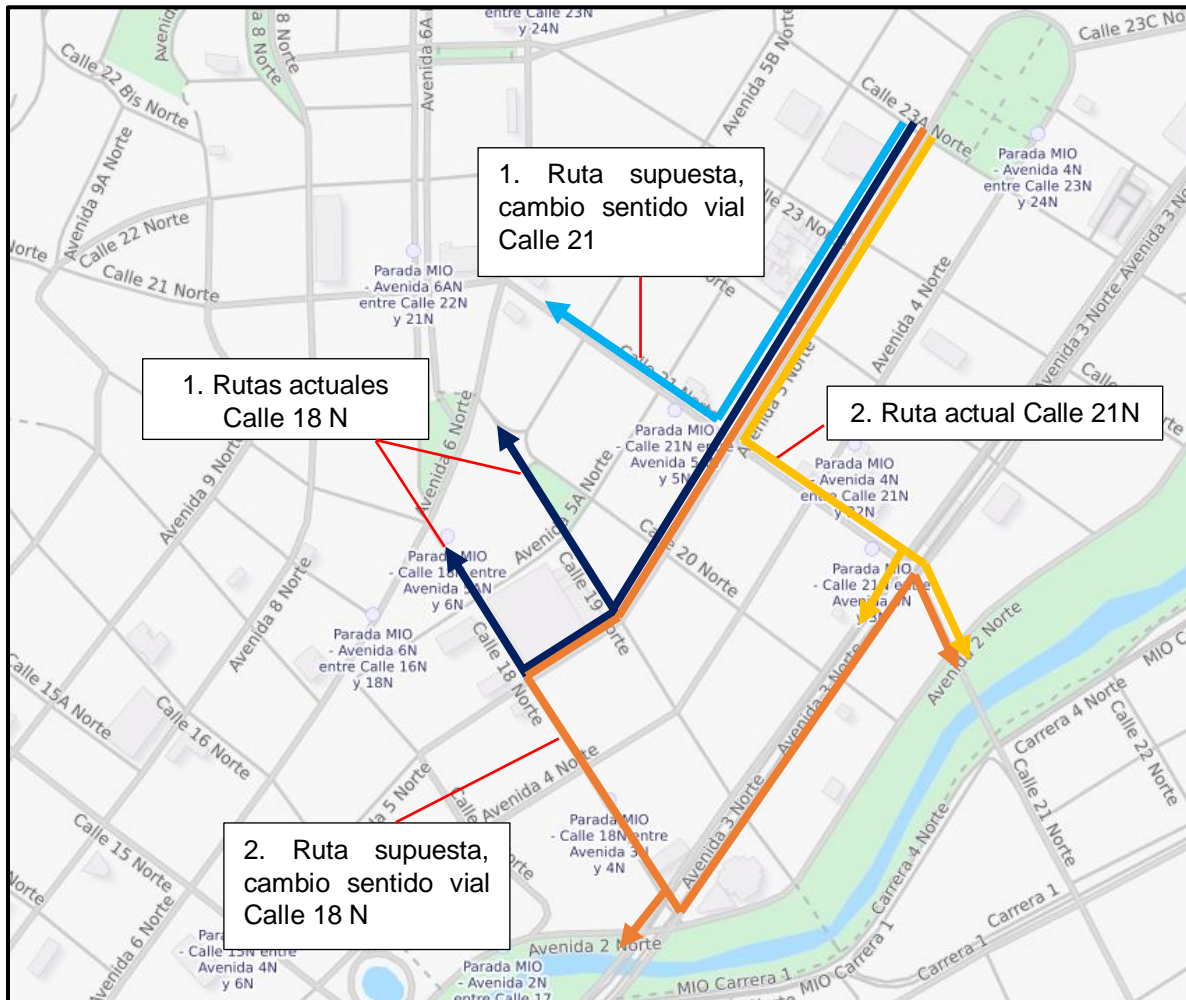


Figura 13. Asignación de flujos vehiculares que utilizan el corredor de la Avenida 5 Norte.



Suposición 2, flujos vehiculares que utilizan el corredor de la Avenida 8 y 9 Norte.

Volúmenes que vienen por la Avenida 8 Norte y 9 Norte, que bajan por la calle 21 Norte; se supone que tomarían en un futuro la calle 18 Norte, en la Figura 14, se muestra de una forma esquemática de tal supuesto.

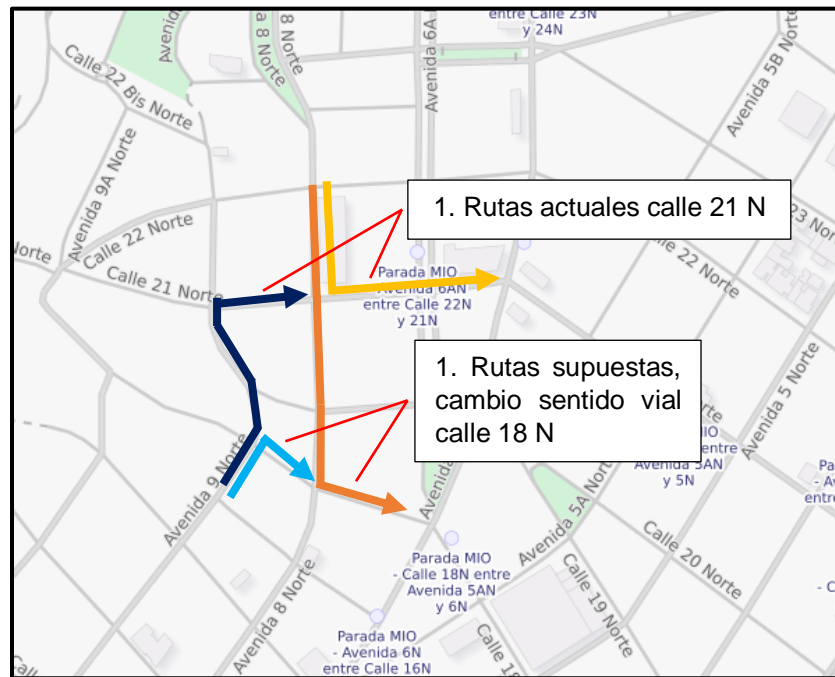


Figura 14. Asignación de flujos vehiculares de la Avenida 9 y 8 Norte que utilizan el corredor de la Calle 21 Norte.

### Suposición 3, flujos vehiculares que utilizan el corredor de la Avenida 2 y 3 Norte.

Los volúmenes que vienen por la Avenida 3 Norte y suben por la calle 18 Norte se supone que tomarían en un futuro la calle 21 Norte, y los volúmenes que vienen por la Avenida 2 Norte y suben por la calle 18 Norte se supone que tomarán la calle 21 Norte, en la Figura 15 se muestra de una forma esquemática de tal supuesto.

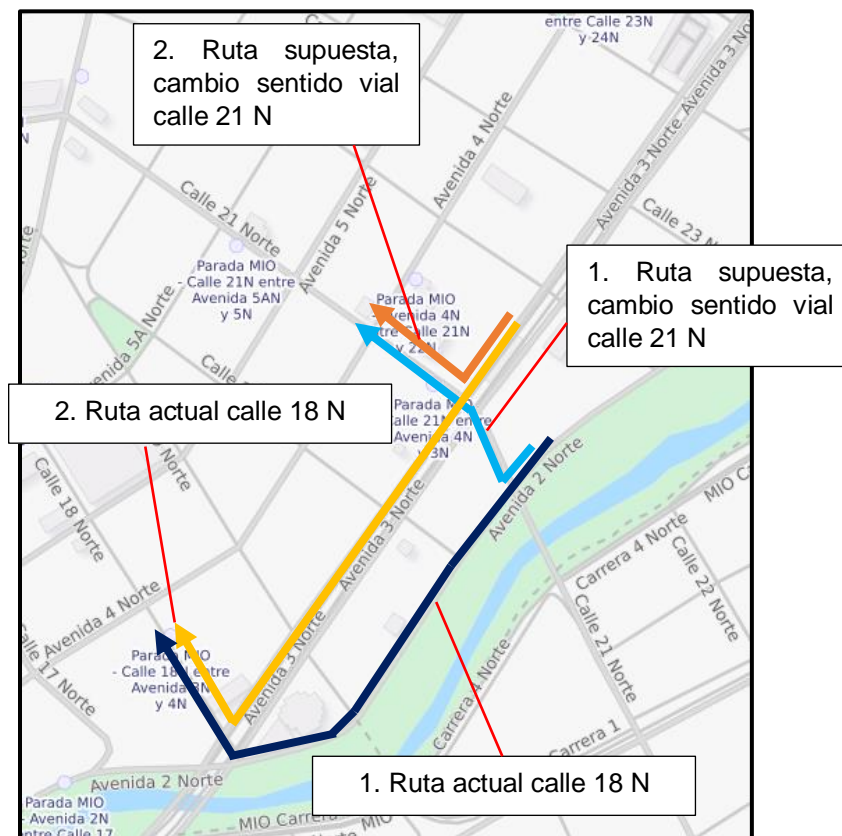


Figura 15. Asignación de flujos vehiculares de la Avenida 2 y 3 Norte que utilizan el corredor de la Calle 18 Norte.



Suposición 5, prohibir giro a la izquierda en la intersección de la calle 18 Norte con Avenida 6 Norte, movimiento 5.

Para cada una de los escenarios de cada fase, se debe prohibir el giro a la izquierda en la intersección de la calle 18 Norte con Avenida 6 Norte, movimiento 5; debido a que rutas del sistema de Transporte masivo, sí, se llega a implementar los cambios viales, utilizarán la avenida 6a Norte y bajarán por la calle 18 Norte, habría conflicto con los vehículos particulares que utilizaran esta maniobra, se debe realizar integración a la Avenida 6 N, bajando por la calle 18 Norte, seguir por la avenida 5b Norte, y subir por la calle 19 Norte, en la Figura 17, se muestra de una forma esquemática de tal supuesto.

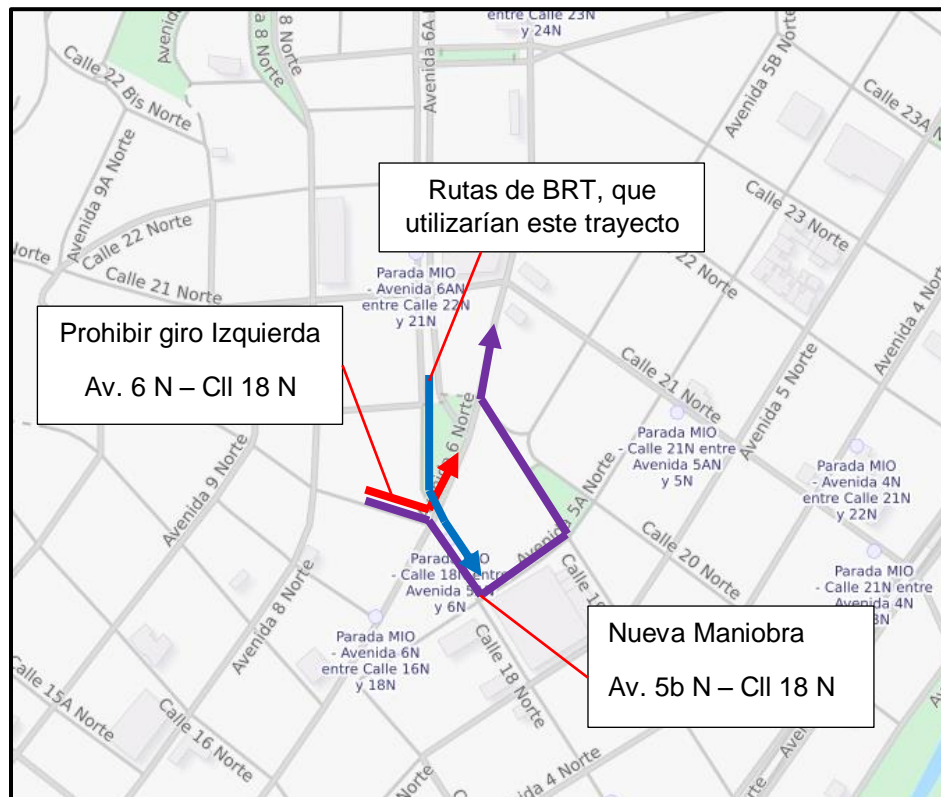


Figura 17. prohibir giro a la izquierda en la intersección de la calle 18 Norte con Avenida 6 Norte, movimiento 5.

## 9.2.2. Asignación de trayectos del sistema de transporte BRT <<MIO>>

Las rutas de transporte que lleguen a ser implementadas por el sistema de transporte masivo “MIO” se presentan a continuación, estas rutas fueron propuestas por el grupo técnico de planeación operacional de Metro – Cali.

### Nuevos recorridos de las rutas del BRT <<MIO>> para el sentido Norte – Centro, Norte – CAM y Oeste – Estación Américas

Si se llega a dar funcionamiento del Par Vial de las calles 18 N y 21N; las rutas P27D, P30A, P24B las tres rutas pretroncales, P27D, P24B y P30A que vienen del norte por la avenida 6AN, re-continuarían por la Av. 6AN hasta la calle 18N, donde deben girar a la izquierda para tomar la Calle 18N hasta la Avenida de las Américas, donde giran a la derecha para incorporarse a la Av. Las Américas, las rutas P30A continúan hacia la Estación Torre de Cali antes de seguir hacia el centro; mientras que la ruta P24B, toma la Av. 2N hacia la Calle 12N y la Av. 6N.

Desde el punto de vista geométrico y de seguridad vial, las tres rutas pretroncales operarían sin ningún problema en los recorridos descritos, dado que el cruce de la Av 6AN hacia la calle 18N prácticamente es un movimiento directo y está controlado por semáforo. y el cruce de la Calle 18N con la avenida 3N permiten realizar con comodidad y seguridad el giro a derecha de los buses padrones para incorporarse a la avenida 3N, debidamente protegido por el semáforo. Adicionalmente se supone la reubicación de los semáforos en el cruce de la Calle 18N con la Av. 4N. En la Figura 18 se presenta el nuevo recorrido de las rutas P30A, P27D y P24B.



Figura 18. Recorridos nuevos sentido norte – centro. Rutas pretroncales P30A y P27D.



Por su parte la ruta A05, que viene desde el oeste por la Avenida 6N se desvía previamente en la Calle 18N hacia la Av. 4N, realizaría el giro a derecha y tomaría dicha calle hasta llegar a la Avenida 4N, realizaría el giro a izquierda y por dicha avenida continuaría hasta la calle 23CN, luego conectaría con la Avenida de las Américas y luego continuar con su recorrido habitual.

Desde el punto de vista de la geometría y de la seguridad vial, el cambio del sentido vial no afecta la ruta alimentadora A05, dado que en el cruce de la Av. 6N con Calle 18N ambos corredores cuentan con tres carriles y el cruce esta semaforizado, lo que facilita la maniobra de giro a derecha; y en el cruce de la calle 18N con avenida 4N, ambos corredores también poseen tres carriles y esta semaforizada, lo que facilita la maniobra de giro a la izquierda. En la Figura 19 se presenta el nuevo de la ruta A05.



Figura 19. Recorrido nuevo sentido oeste – Estación Américas. Ruta alimentadora A05.

#### Nuevos recorridos de las rutas del BRT <<MIO>> para el sentido Centro - Norte

Se considera que con el nuevo funcionamiento del Par Vial de las calles 18N y 21N; **SI**, se presenta un gran impacto en la operación y trazado de las rutas P27D y P30A porque de continuar utilizando la calle 21N pero en sentido inverso las dos rutas en el sentido Centro – Norte deberían realizar el recorrido Av 3N – Calle 21 – Avenida 6N y si bien, la geometría de los cruces de la Avenida 3N con calle 21 y de la calle 21 con avenida 6N, permiten las maniobras de giro a izquierda y derecha, respectivamente, no se considera conveniente dicho recorrido por las siguientes razones:



- Al cambiar el sentido vial de la Calle 21N, dado que la calzada exclusiva del MIO de la Avenida Las Américas solo posee un carril, no es conveniente habilitar el giro a izquierda de los buses de las rutas del MIO, porque mientras estos buses esperan para girar a la izquierda, afectan los buses que desean seguir recto, que son la mayoría de las rutas (E21, T42, E52, P52D, P21A y P72).

De acuerdo con lo anterior, el recorrido óptimo de las rutas P27D y P30A para el sentido Centro – Norte sería el siguiente: Después de atender la estación Torre de Cali, llegan por la Avenida 3N hasta el semáforo con la Av. 2N, donde el acceso sur del solo bus posee dos carriles, lo que evita que mientras esperan para girar, afecten el paso recto del resto de las rutas. Después de girar a la izquierda hacia la Av. 2N continúan por esta hasta llegar a la Calle 12N para luego tomar la Av. 6N y seguir hacia el norte.

En la Figura 20 se presentan los recorridos modificados de las rutas P27D y P30A para el sentido centro – norte con su sentido de circulación y las paradas MIO que se dejarán de utilizar. El desvío de las rutas no requiere de nuevas paradas porque ya se cuenta con ellas en el corredor de la Avenida 2N y la Avenida 6N.



Figura 20. Recorridos nuevos sentido centro -- norte. Rutas pretroncales P30A y P27D.

La ruta P24B no requiere modificación en el sentido hacia el norte porque en dicho sentido actualmente no utiliza el Par Vial de calles 18N y 21N, sino que su recorrido es Av. 3N – Av. 1N – calle 12N - Av. 6N. La ruta A05 tampoco requiere modificación en sentido hacia el oeste porque no usa tampoco dicho par vial, sino el recorrido Av. 3N – Av1N – CAM – Portada al Mar.

Dado que, con el proyecto de REVITALIZACIÓN DEL RÍO CALI, se tiene previsto cerrar la calle 12N entre avenidas 2N y 4N, se requiere realizar la adecuación de la calle 9N (adyacente a la plazoleta Jairo Varela) para que las rutas P30A, P27D y P24B utilicen la calle 9N para llegar a la Avenida 4N. En la Figura 21 Se exponen los requerimientos de infraestructura, que se recomienda implementar para que dicha calle sea transitable por los buses padrones del MIO.



Figura 21. Adecuación de infraestructura, de la calle 9 Norte, entre Avenida 2 Norte y Avenida 4 Norte, adyacente a la plazoleta Jairo Varela, para que circulen las Rutas P30A y P27D, por ejecución del proyecto en Fase 1.

### 9.2.3. supuestos con respecto a los cambios en la demanda, producto de los escenarios considerados.

El modelo de micro-simulación no sustituye un modelo de generación y atracción de viajes, por lo que se deben hacer supuestos con respecto a los cambios en la demanda, producto de los escenarios considerados, en las Figuras 22 y 23, se presentan los supuestos de asignación de la demanda.

#### Suposición 7: usuarios que van de Nor - Occidente al Sur en la zona de estudio y utilizan el corredor de la Calle 21 Norte.

Volúmenes del Nor-Occidente que vienen por la Avenida 9 Norte Y 6 Norte que utilizan la calle 21 Norte para ir al sur de la ciudad, se supone que un porcentaje de usuarios no asimilarían como atractivo los posibles nuevos sentidos viales, en cambio, podrían utilizar la Calle 9 Norte y 8 Norte y finalmente la carrera 5 para llegar al sur de la zona de estudio, en la Figura 22, se muestra de una forma esquemática de tal supuesto.

El cambio de demanda se hará con base en la actual, variando la cantidad de demanda así:

100% utilizan los nuevos sentidos viales – 0% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

80% utilizan los nuevos sentidos viales – 20% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

70% utilizan los nuevos sentidos viales – 30% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

60% utilizan los nuevos sentidos viales – 40% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

A partir de esta información y combinando la asignación de flujos vehiculares según los sentidos viales actuales y nuevos, se generan escenarios de evaluación.



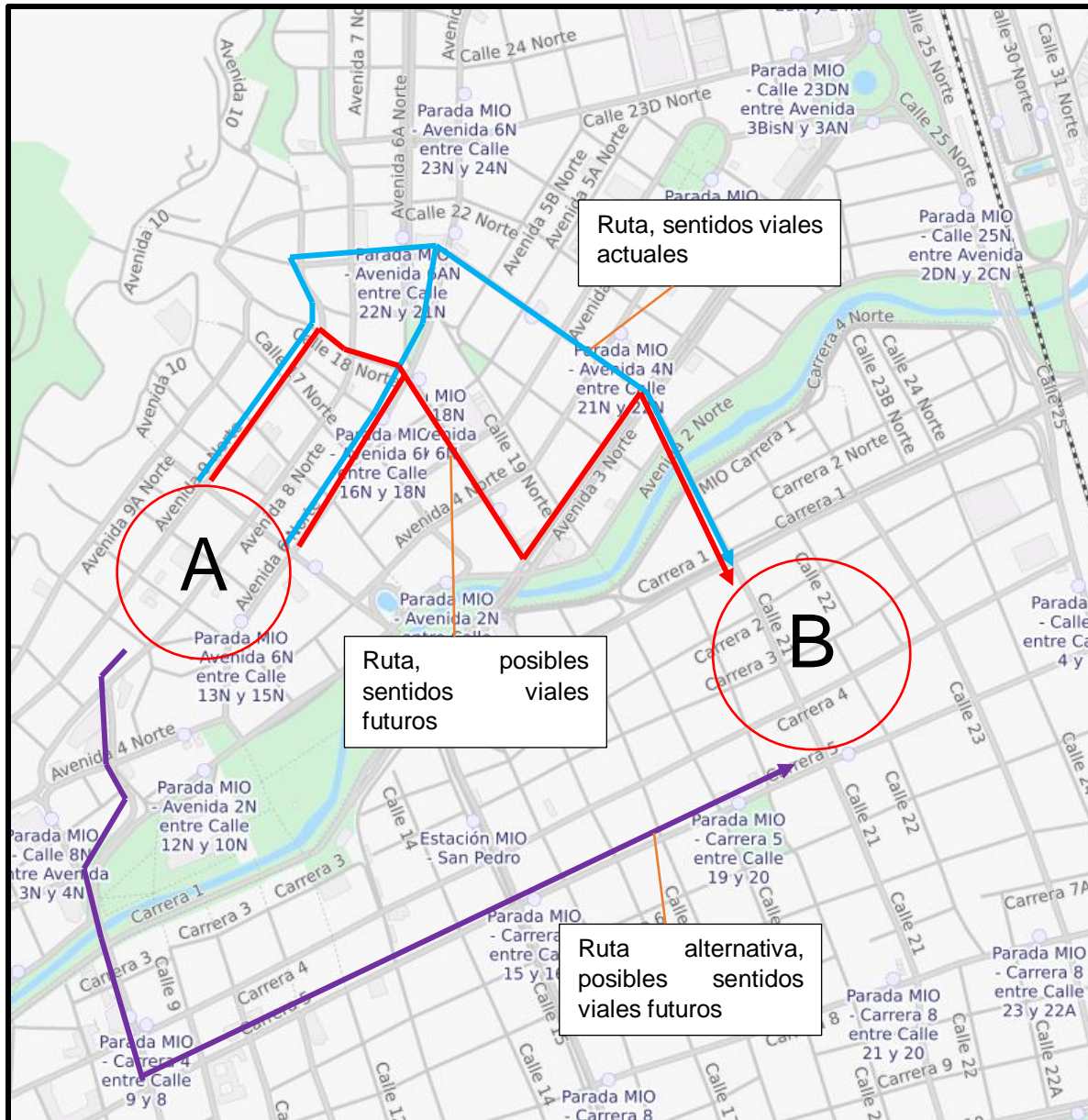


Figura 22. Demanda de usuarios que van de Nor - Occidente al Sur en la zona de estudio y utilizan el corredor de la Calle 21 Norte.

Suposición 8: usuarios que van de Norte a Sur en la zona de estudio y utilizan el corredor de la Calle 21 Norte.

Volúmenes del Norte que vienen por la Avenida 8N Y 6 A N que utilizan la calle 21 N para ir al sur de la ciudad, un porcentaje de usuarios no asimilarían atractivos los posibles nuevos sentidos viales, en cambio podrían utilizar la Calle 24 N y 23 A N, luego la Avenida 2 N, para llegar finalmente al sur en la zona de estudio, en la Figura 23 se muestra de una forma esquemática de tal supuesto.

El cambio de demanda se hará con base en la actual, variando la cantidad de demanda así:

100% utilizan los nuevos sentidos viales – 0% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

80% utilizan los nuevos sentidos viales – 20% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

70% utilizan los nuevos sentidos viales – 30% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

60% utilizan los nuevos sentidos viales – 40% utiliza otra ruta dentro de la zona de estudio, diferente a la de los nuevos sentidos viales.

A partir de esta información y combinando la asignación de flujos vehiculares según los sentidos viales actuales y nuevos, se generan escenarios de evaluación.

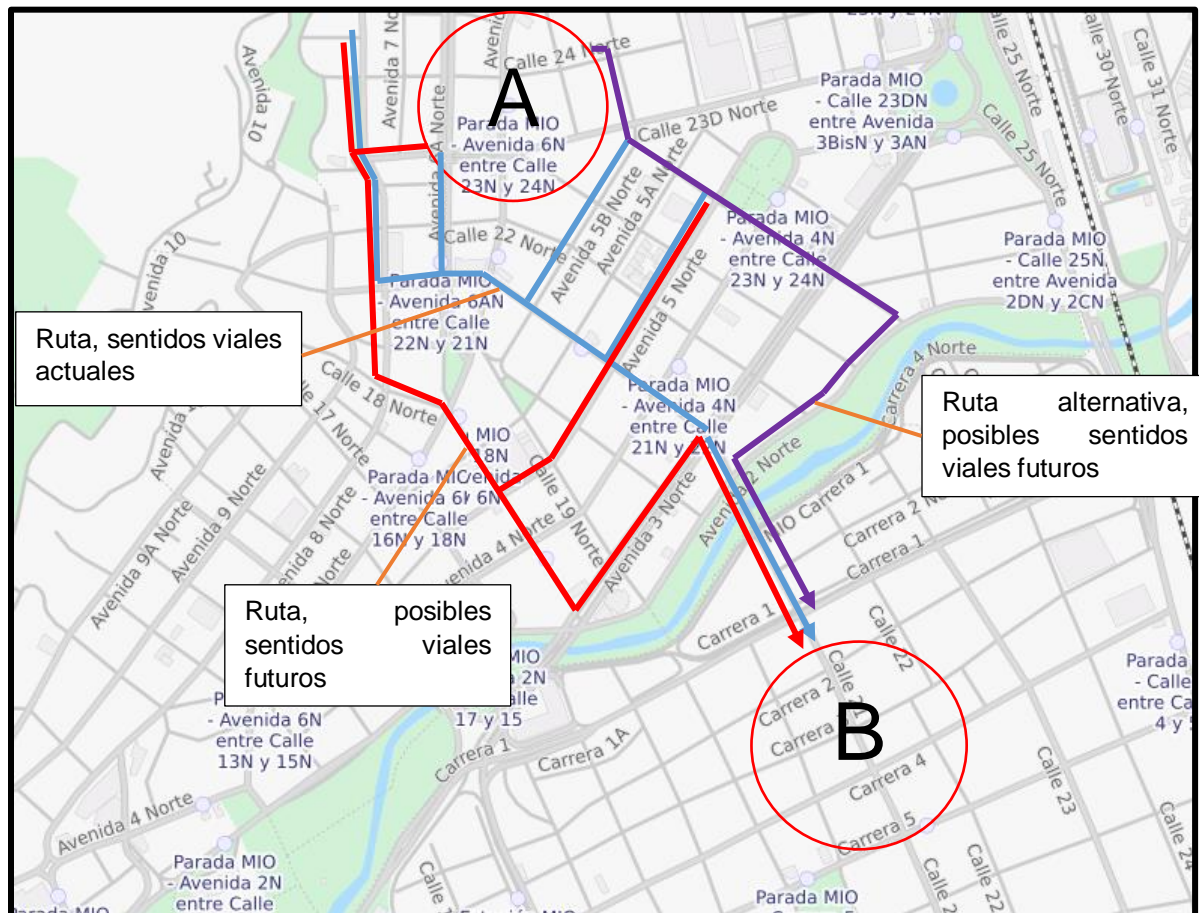


Figura 23. Demanda de usuarios que van de Norte a Sur en la zona de estudio y utilizan el corredor de la Calle 21 Norte.

#### 9.2.4. Información escenario futuro fase 1.

Teniendo como base las condiciones actuales calibradas, se crea un escenario alternativo en el software VISSIM, y se realizan ajustes teniendo en cuenta las suposiciones para la fase 1, la asignación de trayectos es igual para todos los escenarios, se varia la estimación de la demanda de viajes a partir de los volúmenes vehiculares aforados. A continuación, se presentan los mapas de calor y resultados calculados.

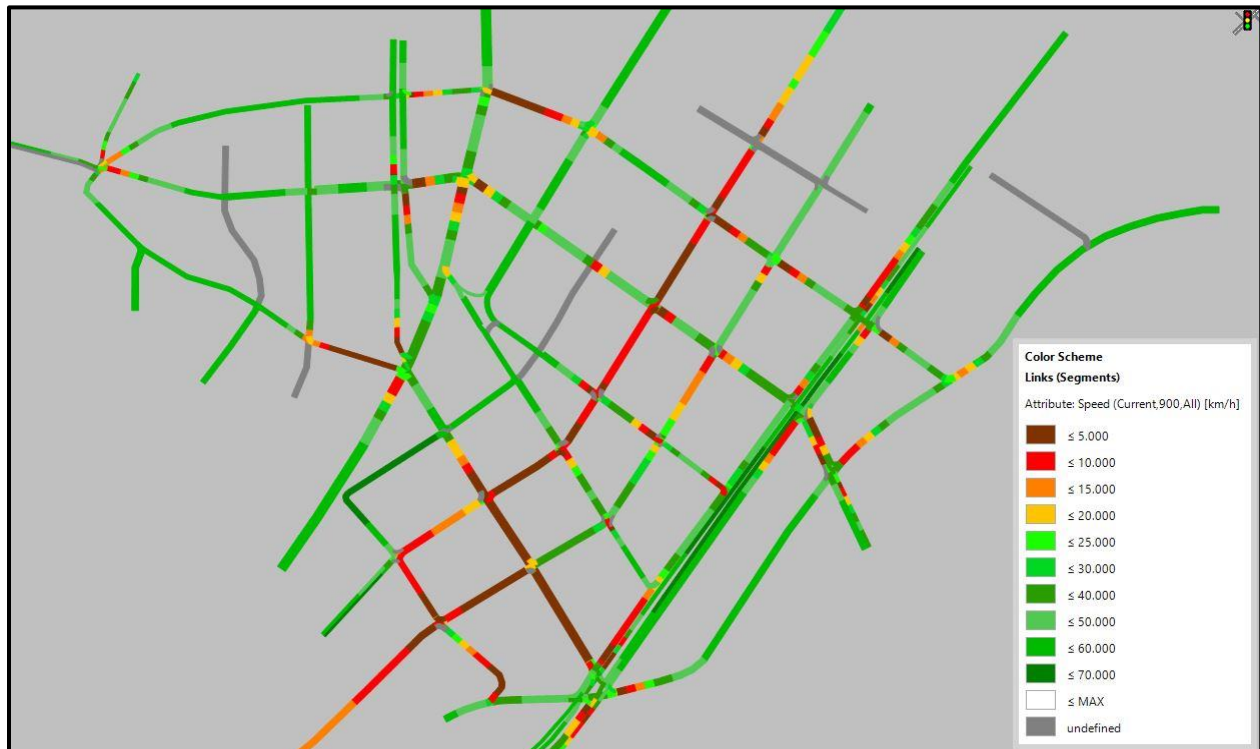


Figura 24. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 100% - 0%.

Para el escenario en el cual la proporción de demanda según la atracción de viajes, por la asignación de rutas es de 100% - 0%, el software VISSIM simuló y calculó una velocidad para la zona de estudio en un escenario futuro 1, de 12.2 Km/h.

A partir de la Figura 24, se observa que, el corredor más afectado es la avenida 5 Norte, se pronostica una disminución de la velocidad de 20% con base en el escenario actual; se observa que, debido a los nuevos cambios viales que la Calle 18 Norte y 17 Norte, entre Avenida 5 Norte y 3 Norte, tienen velocidades de 5 a 10 Km/h, lo cual infiere que este sector colapsa, mayor presencia de colas y generación de demoras.



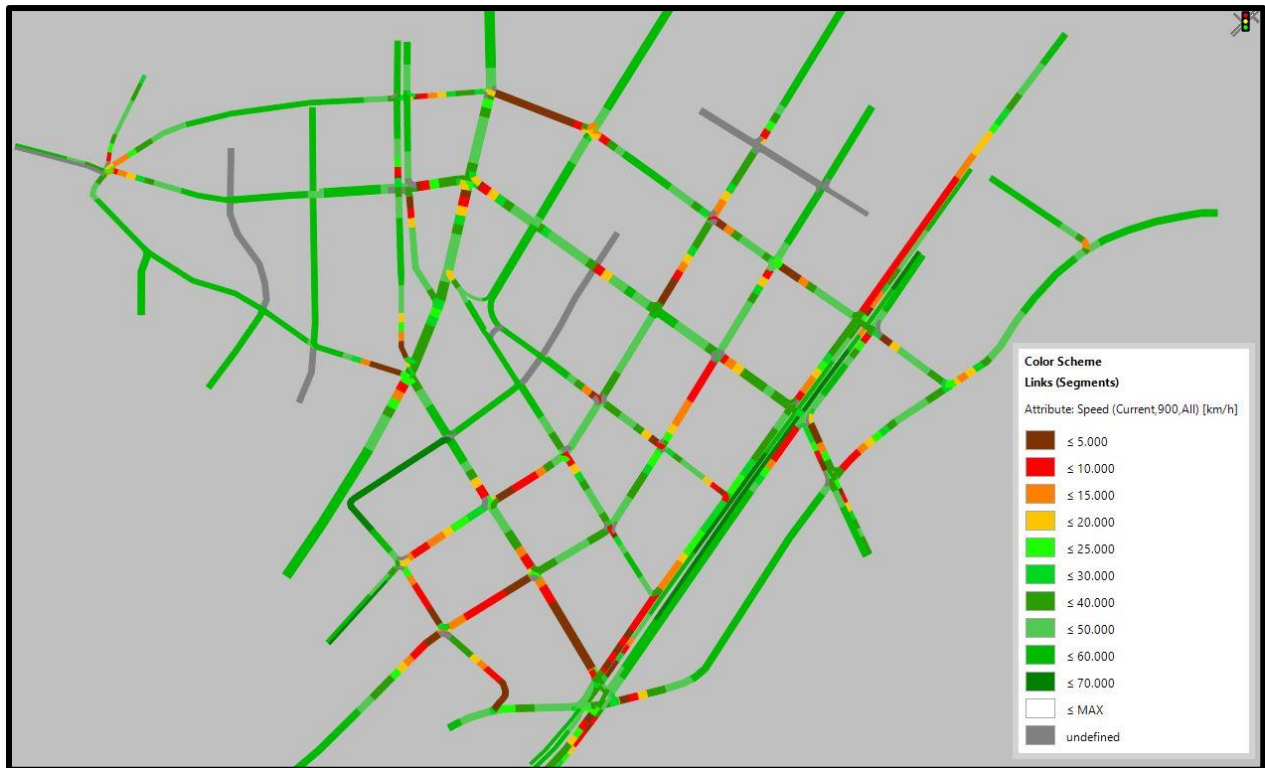


Figura 25. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 80% - 20%.

Para el escenario en el cual la proporción de demanda según la atracción de viajes, por la asignación de rutas es de 80% - 20%, el software VISSIM simuló y calculó una velocidad para la zona de estudio en un escenario futuro 1, de 17.2 Km/h.

A partir de la Figura 25 se observa que el corredor de la Avenida 3 Norte o Avenida las Américas desde la Calle 22 Norte en adelante, presentan velocidades bajas de 10 Km/h, se puede observar que las intersecciones más afectadas son:

Avenida 3 Norte – Calle 18 Norte  
 Avenida 4 Norte – Calle 18 Norte  
 Avenida 3 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 4 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 6 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 2 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 4 Norte – Calle 17 Norte

En estas intersecciones se presentan velocidades entre 5 y 10 Km/h.

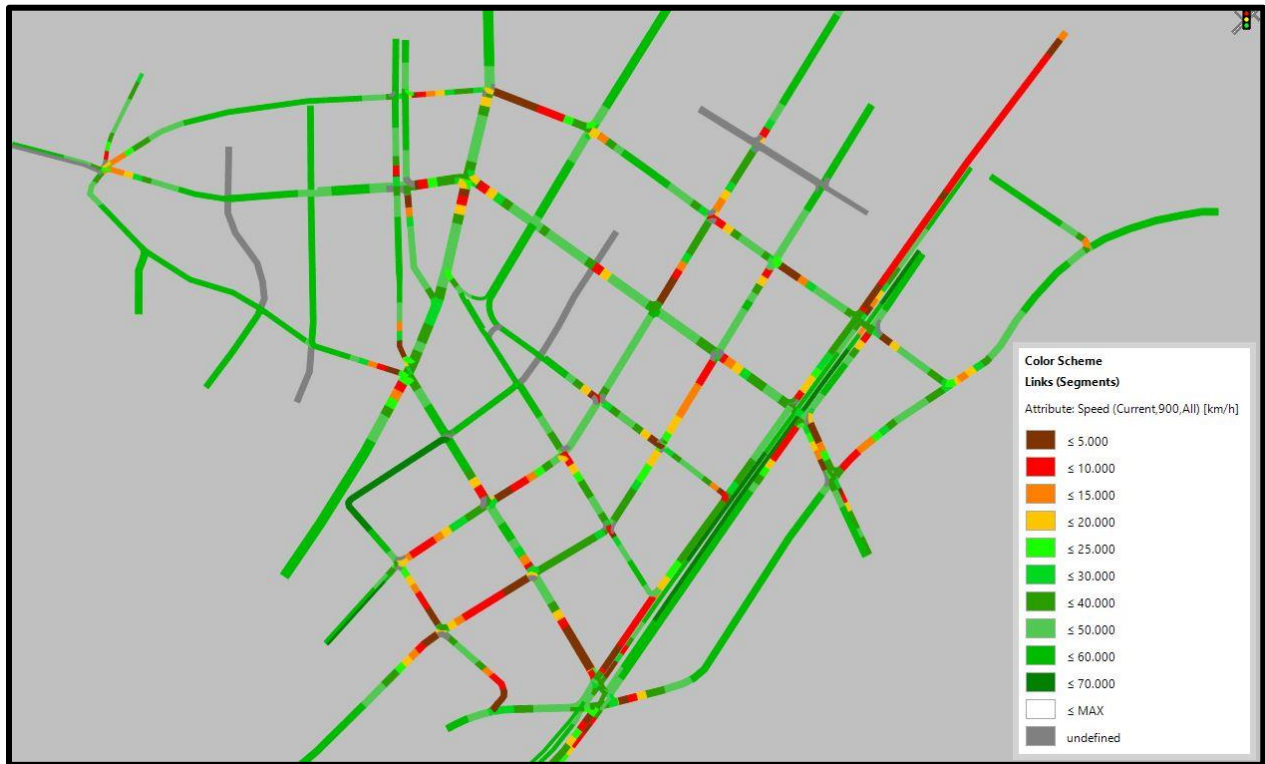


Figura 26. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 70% - 30%.

Para el escenario en el cual la proporción de demanda según la atracción de viajes, por la asignación de rutas es de 70% - 30%, el software VISSIM simuló y calculó una velocidad para la zona de estudio en un escenario futuro 1, de 17.4 Km/h.

A partir de la Figura 26 se observa que el corredor de la Avenida 3 Norte o Avenida las Américas desde la Calle 22 Norte en adelante, presentan velocidades bajas de 10 Km/h, se puede observar que las intersecciones más afectadas son:

Avenida 3 Norte – Calle 18 Norte  
 Avenida 4 Norte – Calle 18 Norte  
 Avenida 3 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 4 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 6 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 2 Norte – Calle 21 Norte  
 Avenida 4 Norte – Calle 17 Norte

En estas intersecciones se presentan velocidades entre 10 y 15 Km/h.

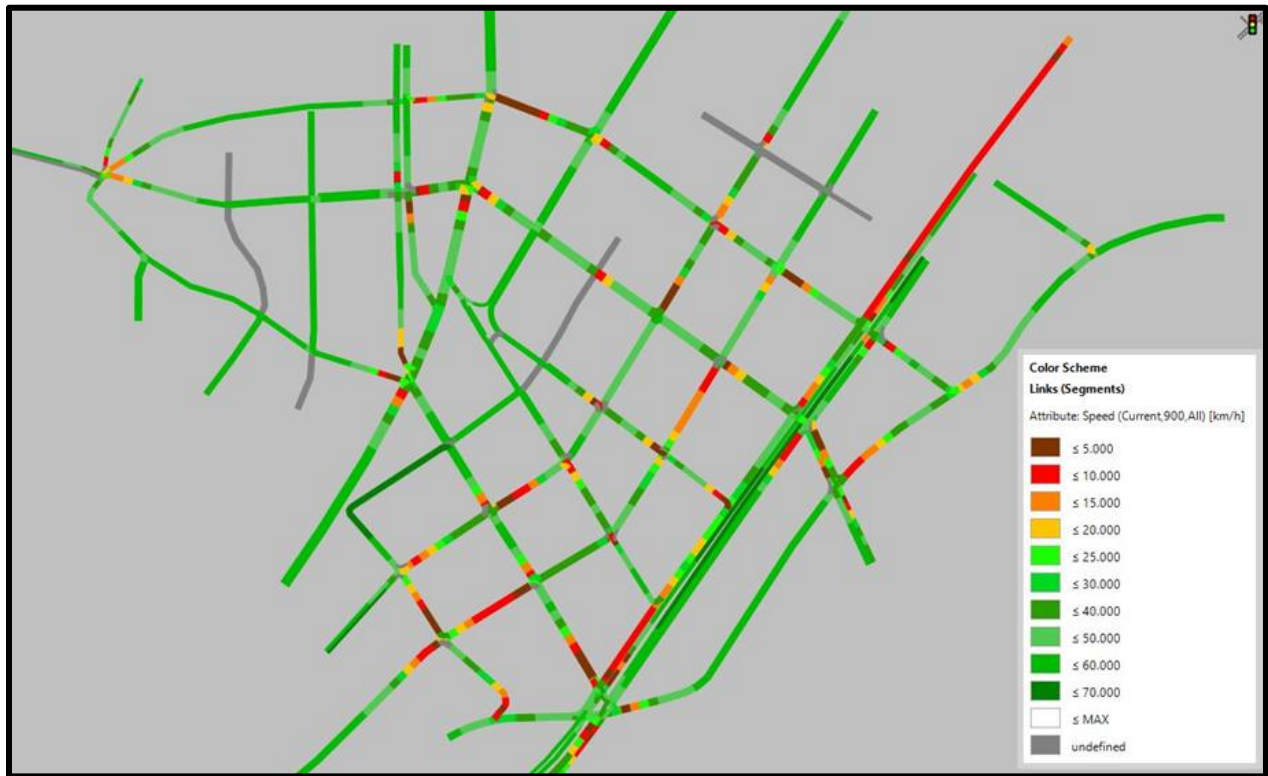


Figura 27. Escenario Futuro 1, en el cual la demanda es de 60% - 40%.

Para el escenario en el cual la proporción de demanda según la atracción de viajes, por la asignación de rutas es de 60% - 40%, el software VISSIM simuló y calculó una velocidad para la zona de estudio en un escenario futuro 1, es de 18 Km/h.

A modo general se puede observar que se ven afectadas las mismas intersecciones, para cada una de los escenarios con los supuestos modelados, cabe atender que se presenta una inestabilidad con el modelo de demanda 100% - 0 y los demás escenarios, para la fase 1, se pasa de un extremo negativo a un extremo optimo, esta inconsistencia de pronósticos de modelación, puede ser debida a que se diseñó un modelo estático, y la asignación de usuarios se realiza a criterio del modelador.

A nivel Micro, se evalúan las intersecciones que se observaron con mayor incidencia en los mapas de calor. Esta información se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10.

Comparación de intersecciones afectadas en la Fase 1, de los escenarios evaluados variando la demanda de usuarios.

Intersección	ESCENARIO BASE			ESCENARIO F1 100% - 0%			ESCENARIO F1 80% - 20%		
	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)
Av. 3 N - Cll 18 N, Particular	116.0	LOS_D	33	121.6	LOS_F	76	153.6	LOS_F	71
Av. 4 N - Cll 18 N	119.1	LOS_C	34	124.1	LOS_F	80	121.7	LOS_C	34
Av. 6 N - Cll 18 N	54.6	LOS_A	10	121.5	LOS_D	44	64.8	LOS_C	23
Av. 3 N - Cll 21 N, Particular	121.8	LOS_F	70	66.8	LOS_C	19	196.1	LOS_C	21
Av. 4 N - Cll 21 N	154.3	LOS_D	38	143.1	LOS_B	19	169.3	LOS_C	24
Av. 6 N - Cll 21 N	77.7	LOS_B	19	66.6	LOS_B	14	51.0	LOS_B	11
Av. 2 N - Cll 21 N	89.5	LOS_C	23	87.0	LOS_B	17	98.7	LOS_B	16
Av. 4 N - Cll 17 N	201.4	LOS_E	48	332.1	LOS_E	58	120.2	LOS_C	27

Intersección	ESCENARIO BASE			ESCENARIO F1 70% - 30%			ESCENARIO F1 60% - 40%		
	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)
Av. 3 N - Cll 18 N, Particular	116.0	LOS_D	33	129.0	LOS_E	54	114.9	LOS_E	46
Av. 4 N - Cll 18 N	119.1	LOS_C	34	117.0	LOS_C	32	116.2	LOS_C	29
Av. 6 N - Cll 18 N	54.6	LOS_A	10	47.0	LOS_B	17	46.5	LOS_B	15
Av. 3 N - Cll 21 N, Particular	121.8	LOS_F	70	207.2	LOS_C	19	215.6	LOS_C	18
Av. 4 N - Cll 21 N	154.3	LOS_D	38	156.0	LOS_C	22	161.5	LOS_C	24
Av. 6 N - Cll 21 N	77.7	LOS_B	19	40.8	LOS_A	9	37.5	LOS_A	9
Av. 2 N - Cll 21 N	89.5	LOS_C	23	102.8	LOS_B	17	116.2	LOS_B	17
Av. 4 N - Cll 17 N	201.4	LOS_E	48	99.3	LOS_C	22	103.0	LOS_C	21

Autores, a partir de reportes extraídos del software VISSIM.

A nivel general en la Tabla 10, se observa que las intersecciones de la calle 21 Norte mejoran y las intersecciones de la Calle 18 Norte bajan sus condiciones de servicio, en primaria instancia se puede asumir que los problemas se trasladan de un lugar a otro.

Según la Tabla 10, la intersección que tendrá efectos negativos en la Fase 1 es la Calle 18 Norte - Avenida 3 Norte, en la cual su nivel de servicio pasa de <<D>> a <<F>>, se pronostica que se originen colas máximas entre 121 m y 115 m de longitud, y por lo tanto se originen demoras entre 76 y 46 segundos; en esta intersección se formaran colas donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

Así mismo la intersección que tendrá mejoras en su operación es la Calle 21 Norte con Avenida 3 Norte, puesto que los flujos se trasladaron hacia la Calle 18 Norte.

### 9.3. ESCENARIO FUTURO, FASE 2

Para evaluar el escenario futuro 2, se proponen condiciones en las cuales los flujos vehiculares toman un camino alternativo (asignación), pero se supone una condición de demanda 70% – 30%, puesto que cuando se presenta un cambio de rutas, un porcentaje de usuarios (30% supuesto) cambian sus trayectos cotidianos y el 70% de los usuarios, no cambiaron en gran medida el patrón de las rutas para realizar viajes típicos.

La Fase 2, consiste en cambiar el sentido vial de la Avenida 2 Norte, el grupo técnico evaluó la alternativa de la comunidad y solamente considero el cambio vial desde la Calle 18 Norte hasta la Calle 21 N, debido a que actualmente es la única ruta que conecta el Sur-Oriente de la ciudad con el Nor-Occidente, en la Figura 28, se expone el sentido vial a cambiar.

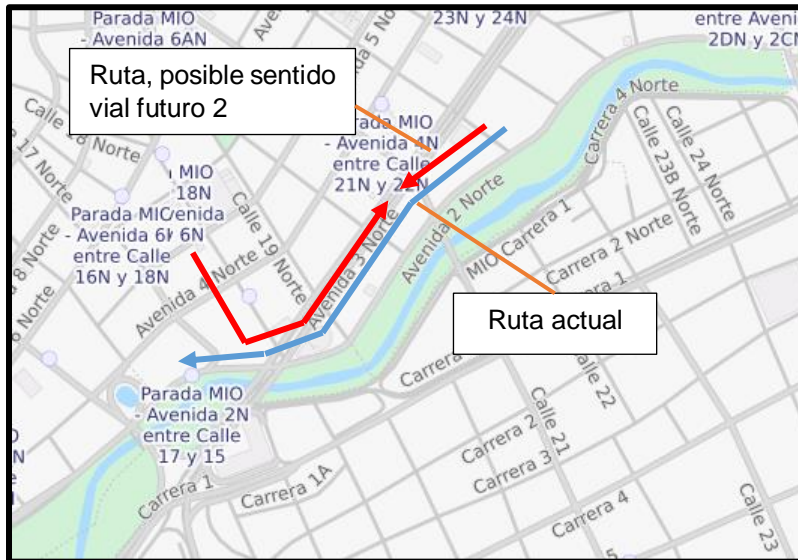


Figura 28. Fase 2, cambio del sentido vial de la Avenida 2 Norte desde la Calle 18 Norte hasta la Calle 21 Norte.

Para poder ejecutar esta Fase: Se debe retirar el separador en concreto de la calle 21 Norte entre Avenida 2 Norte y Avenida 3 Norte; además dejar este tramo en un solo sentido y diseñar 3 carriles en sentido Sur-Norte.

### 9.3.1. Asignación de Flujos vehiculares privados o particulares.

Suposición 9: usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 22 Norte – Avenida 5 Norte.

El flujo vehicular que usa la Avenida 2 Norte y llega hasta torre de Cali, usaran la Calle 22 Norte y llegaran hasta la Avenida 5 Norte, giran a la izquierda, siguen su recorrido hasta la calle 17 Norte o 18 Norte y finalmente retornan por la Avenida 2 Norte, en la Figura 29, se expone el sentido vial a cambiar.

Se tiene como primicia, que los usuarios no verán atractiva esta ruta debido a las intervenciones por parte de la secretaría en cuanto a pacificación de las intersecciones de la calle 22 Norte, que tienen como objetivo principal, la reducción de velocidad de los usuarios de vehículos particulares; aun así, es una ruta de tránsito, y solo se asignará un porcentaje del flujo vehicular total.



Suposición 9: En el tramo de la Calle 21 Norte entre Avenida 3 Norte y Avenida 2 Norte, se habilite en un solo sentido Sur – Norte, y que sea designado con 3 carriles.

A map of the study area in Cali, Colombia. The map shows the intersection of Avenida de las Américas and Avenida 2 Norte. A red rectangle highlights the study site, Bomberos Cali, which is located on Avenida 2 Norte. Other landmarks include Las Américas, ApartaHotel, Hotel Ribera del Río, and Graficali. The map also shows the Troncal Carretera 1 and Calle 21.

44



Suposición 10: usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 21 Norte – Avenida de las Américas.

El flujo vehicular que usa la Avenida 2 Norte y llega hasta torre de Cali, usaran la Calle 21 Norte, y que llegaran hasta la Avenida 3 Norte o Avenida las Américas, giran a la izquierda y seguirán su recorrido, en la Figura 31, se expone la asignación de la ruta.

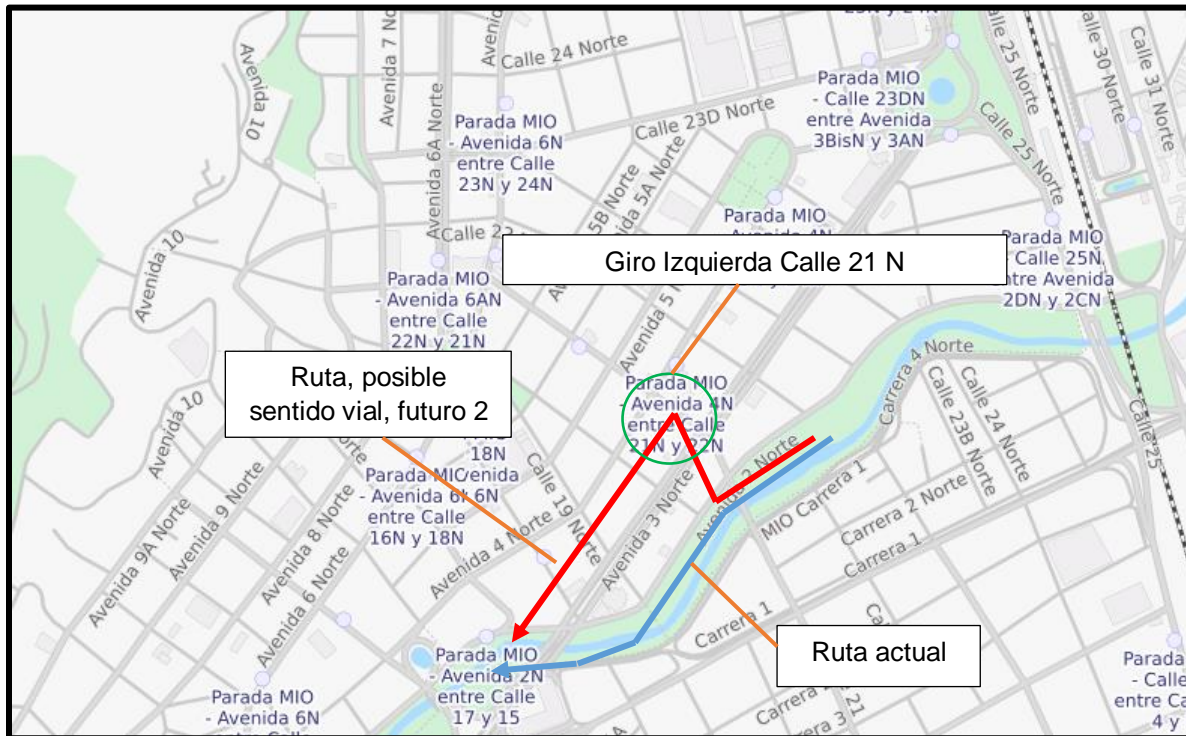


Figura 31. Usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 21 Norte – Avenida Las Américas, Fase 2.

Suposición 11: usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 21 Norte – Avenida 5 Norte.

El flujo vehicular que usa la Avenida 2 Norte y llega hasta torre de Cali, usaran la Calle 21 Norte, llegaran hasta la Avenida 5 Norte, giran a la izquierda y seguirán su recorrido hasta la Calle 18 Norte o 17 Norte finalmente retornaran por la Avenida 2 Norte, en la Figura 32, se expone la asignación de la ruta.

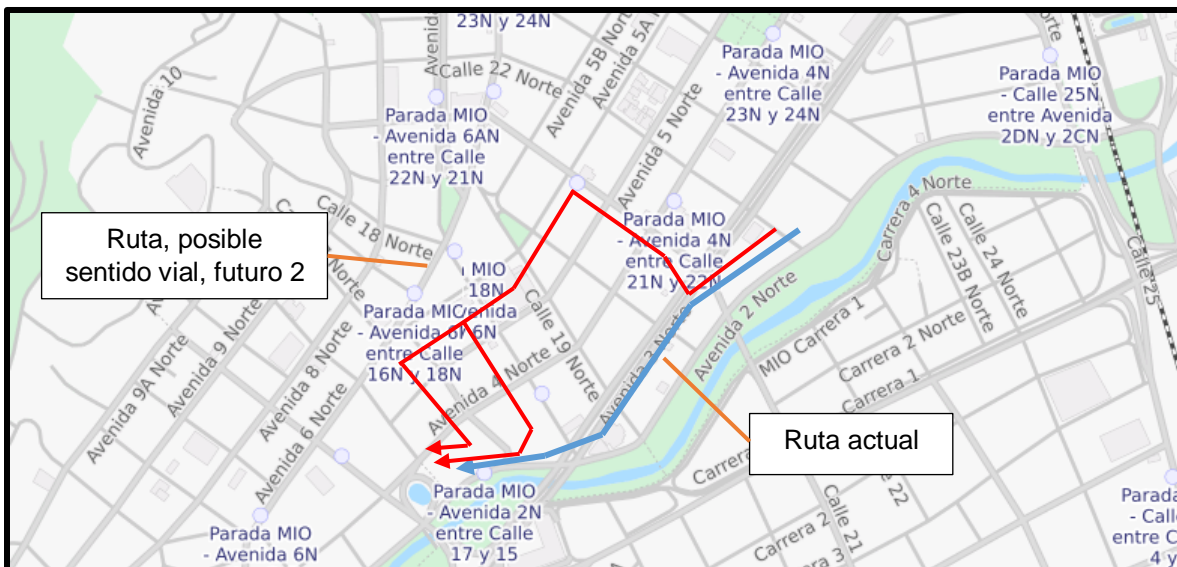


Figura 32. Usuarios que usan el corredor de la Avenida 2 Norte para llegar a Torre de Cali, alternativa Calle 21 Norte – Avenida 5 Norte, Fase 2.

### 9.3.2. Asignación de trayectos del sistema de transporte BRT <<MIO>>

Tras la implementación del cambio vial de la Avenida 3 Norte, se propone un nuevo trayecto para las rutas del MIO P30A, P27D y P24B que solucionaría los problemas de demoras en la operación, ya que no necesitarían tomar una ruta alternativa más extensa, por lo que tomarían como ruta alternativa la Avenida 2 Norte, girarían a la izquierda por la calle 21, este nuevo trayecto se presenta en la Figura 33, seguirían hasta la Avenida 6 N, y harían el recorrido usual; además se evita las siguientes acciones propuestas por Metro – Cali:

- Dado que con el proyecto de revitalización del río Cali, se tiene previsto cerrar la calle 12N entre avenidas 2N y 4N, se requiere realizar la adecuación de la calle 9N (adyacente a la plazoleta Jairo Varela) para que las rutas P30A, P27D y P24B utilicen la calle 9N para llegar a la Avenida 4N. Más adelante, en el numeral de requerimientos de infraestructura, se amplía el tema de las acciones que se recomienda implementar para que dicha calle sea transitable por los buses padrones del MIO.

Para cruce del MIO en la intersección de la Calle 18 Norte con Avenida 3 Norte, tiene que tener fase exclusiva, se puede incluir dentro de la fase del giro 6B.



Figura 33. Nuevo recorrido para las rutas P30A, P27D y P24B, por cambio vial Av. 2N, Fase 2.

### 9.3.3. Información escenario futuro fase 2.

Teniendo como base las condiciones de la Fase 1 se crea un escenario alternativo en el software VISSIM, y se realizan ajustes cambiando el sentido del corredor vial de la Avenida 2 Norte, entre Calle 18 Norte y Calle 21 Norte. Además, se hacen combinaciones de:

Escenario Fase 2 (70-30): Suposición 9 + suposición 10 + suposición 11.

Escenario Fase 2 ' + Mov 5 (70+30): Suposición 9 + suposición 10 + suposición 12.

Escenario Fase 2 (70-30):

La velocidad en general para este escenario es de 17.6 Km/h, los corredores en los cuales se presentan velocidades de 15 Km/h según la Figura 34, es el de la Avenida 2 Norte sentido Oeste – Este, desde la Calle 21 Norte y el corredor de la Avenida 3 Norte.

se puede observar que las intersecciones más afectadas son:

- Avenida 3 Norte – Calle 18 Norte
- Avenida 4 Norte – Calle 18 Norte
- Avenida 3 Norte – Calle 21 Norte
- Avenida 4 Norte – Calle 21 Norte
- Avenida 2 Norte – Calle 21 Norte
- Avenida 4 Norte – Calle 17 Norte

En estas intersecciones se presentan velocidades entre 10 y 15 Km/h.

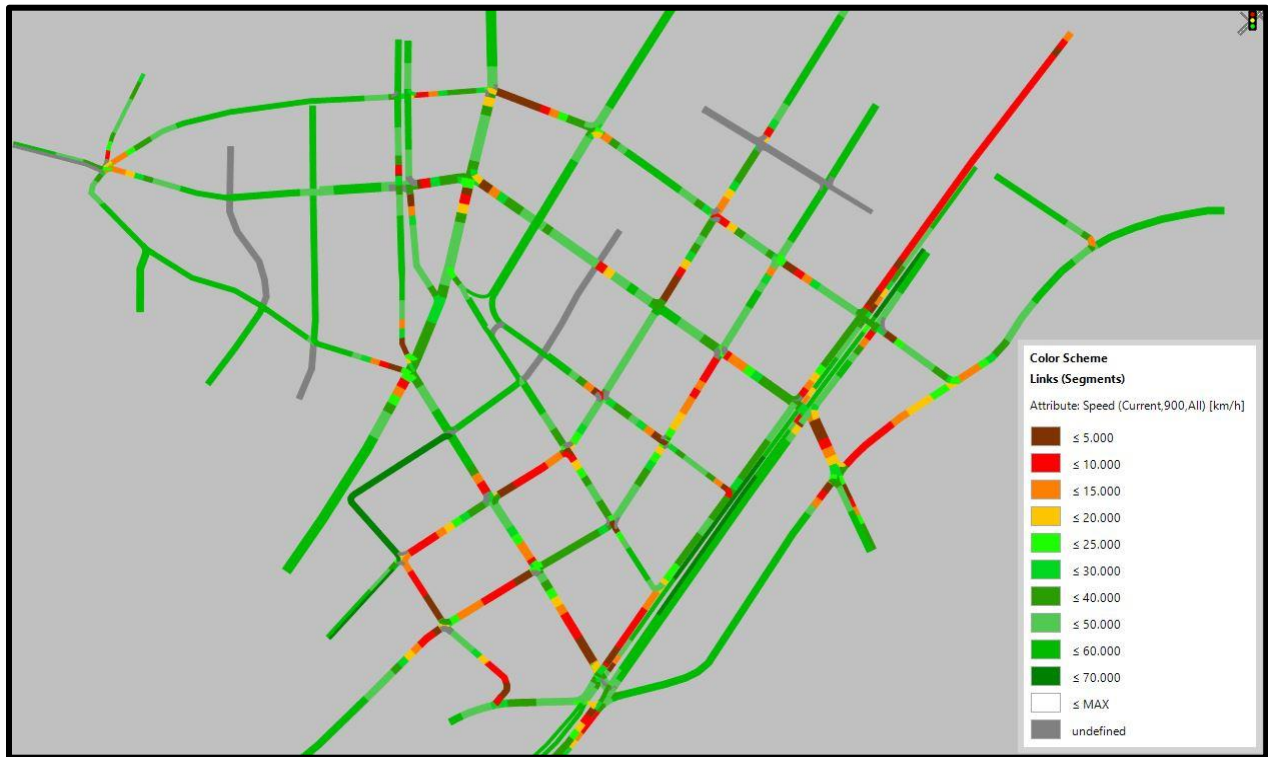


Figura 34. Escenario Futuro 2, en el cual la demanda es de 70% - 30%, Flujo vehicular Calle 21 Norte – Avenida 5 Norte.

#### Escenario Fase 2 ´ + Mov 5 (70+30):

Se puede observar según la Figura 35, que los corredores de las Avenidas 4 Norte, 3 Norte y 2 Norte, colapsan, se presentan velocidades de 5 Km/h, y en general la velocidad de es 10.4 Km/h, así mismo las calles 18 Norte y 19 Norte, presentan velocidades de 10 Km/h.

A partir de este escenario, se infiere que asignar flujos vehiculares por la Calle 21 Norte – Avenida las Américas, tiene gran impacto en la movilidad, por lo que no es recomendable habilitar el giro a la izquierda (Mov 6), además se debe tener en cuenta que, en esta Vía principal Arterial pasan carriles exclusivos del sistema de BRT <<MIO>>, por lo tanto se interrumpe el tránsito del sistema MIO, generando ocasionando mayores demoras en la operación de las rutas.



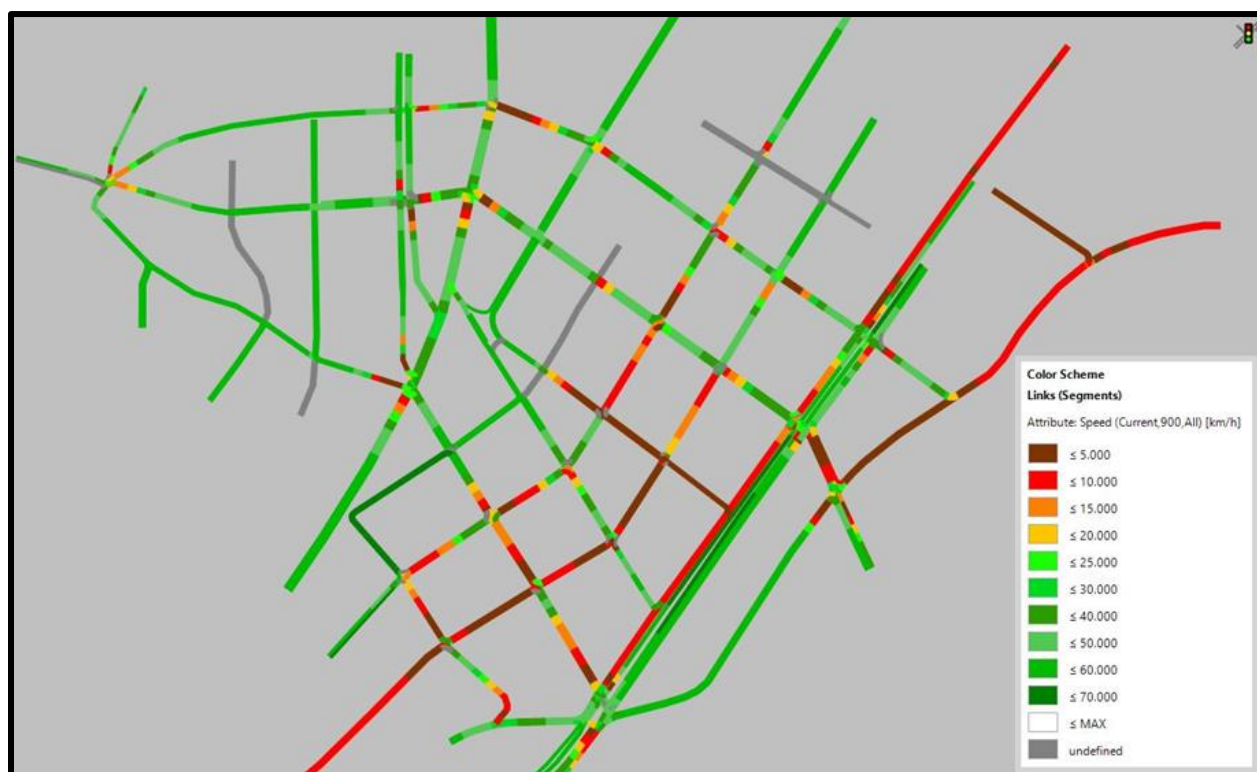


Figura 35. Escenario Futuro 2, en el cual la demanda es de 70% - 30%, Flujo vehicular Calle 21 Norte – Avenida Las Américas.

A nivel Micro, se evalúan las intersecciones que se observaron con mayor incidencia de los mapas de calor. Esta información se puede mirar en la Tabla 11.

Tabla 11.

Comparación de intersecciones afectadas en la Fase 2, de los escenarios evaluados.

Intersección	ESCENARIO BASE			ESCENARIO F1 70% - 30%			ESCENARIO F2 70% - 30%			ESCENARIO F2 70% - 30% Mov 6		
	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio L.O.S.	Demora Vehículos (seg)
Av. 3 N - Cil 18 N, Particular	116.0	LOS_D	33	129.0	LOS_E	54	153.6	LOS_E	43	201.6	LOS_E	45
Av. 4 N - Cil 18 N	119.1	LOS_C	34	117.0	LOS_C	32	117.0	LOS_C	27	117.1	LOS_E	57
Av. 3 N - Cil 21 N, Particular	121.8	LOS_F	70	207.2	LOS_C	19	174.5	LOS_C	16	204.1	LOS_D	28
Av. 4 N - Cil 21 N	154.3	LOS_D	38	156.0	LOS_C	22	141.2	LOS_B	18	301.3	LOS_C	23
Av. 2 N - Cil 21 N	89.5	LOS_C	23	102.8	LOS_B	17	258.5	LOS_C	33	503.4	LOS_E	64
Av. 4 N - Cil 17 N	201.4	LOS_E	48	99.3	LOS_C	22	160.1	LOS_C	25	377.9	LOS_E	56

Autores, a partir de reportes extraídos del software VISSIM.

A partir de la Tabla 11, se observa que la Avenida 3 Norte con Calle 18 Norte, tiene efectos negativos en su movilidad, para la <<Fase 1>>, aumento las demoras en un 45%, y para la <<Fase 2 sin Mov 6>>, aumento de las demoras en un 30%, estas dos evaluaciones respecto al escenario base.

La Avenida 4 Norte con Calle 17 Norte, tiene efectos positivos, pasa de un nivel de servicio de <<E>> a <<C>>, para la <<Fase 1>>, y <<Fase 2 sin Mov 6>>, lo que indica menores colas vehiculares y menores demoras hacia los usuarios.

La Avenida 2 Norte – Calle 21 Norte, para el escenario de la <<Fase 1>>, respecto al escenario base, tiene menores demoras y presencia de colas vehiculares, pero en la <<Fase 2 sin Mov 6>>, aumentan las demoras en un 42% respecto al escenario base.

Para el escenario de la <<Fase 2 con Mov 6>>, cada una de las intersecciones que presentan variaciones respecto al escenario base, presentan efectos negativos, ya que se pudo evidenciar en el mapa de calor la red de la zona de estudio colapsa.

## 10. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS

En este apartado se van a determinar los efectos positivos como negativos de los escenarios evaluados para cada una de las fases, dentro de la zona de estudio.

Tabla 12.  
Comparación de escenarios, Fase 1 y Fase 2.

Escenario	Velocidad media (Km/h)	Demora media (seg)	Número de Paradas	Demora media por parada (seg)
BASE	13.6	155.6	6	105.6
F1 100-0	12.2	168.0	6	122.2
F1 60-40	18.0	116.5	4	82.4
F1 70-30	17.4	121.6	4	86.2
F1 80-20	17.2	126.2	4	88.7
F2 70-30, Av 2N	17.6	123.7	4	85.5
F2 70-30, Mov 6 Av3N-CII21N	10.4	237.1	8	178.3

Autores, a partir de reportes extraídos del software VISSIM.

A partir de la Tabla 12, se infiere que en la Fase 1, se presenta una inestabilidad de los datos debido a que variando los volúmenes vehiculares pasa de un estado crítico (F1 100-0) a un estado óptimo (F1 80 -20).

En la <<Fase 2, 70-30>> , se observa que respecto a los escenarios <<F1, 70 -30>> y BASE, se observan mejoras considerables, un aumento de la velocidad del 30% y disminución de las demoras en un 29%, con estos resultados se puede inferir que implementar cambios viales tanto a nivel de Fase 1 como de Fase 2 es viable, pero, cabe resaltar que se presenta inestabilidad con los cambios de demanda, se presenta esa inestabilidad de resultados de un escenario a otro, esto es debido a que se trabaja con un escenario estático (supuestos de cambio de demanda y asignación de rutas) y no dinámico. En cualquiera del escenario excepto en los críticos hay disminución de paradas por tránsito por una intersección lo que se refleja en menores demoras.



## 10.1. COMPARACIÓN ESCENARIOS FASE 1

En las figuras siguientes se presentan las condiciones en cuanto a velocidad y demoras para la Fase 1.

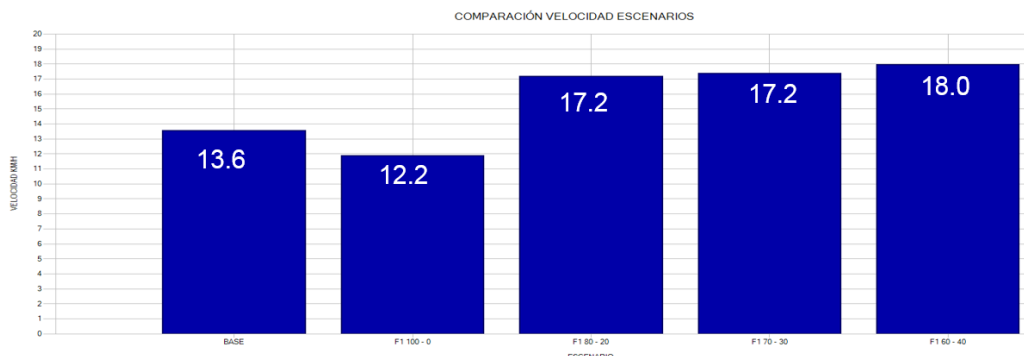


Figura 36. Comparación de Velocidades escenarios evaluados Fase 1.

A partir de la Figura 36 Se observa que la velocidad en un escenario futuro implementado la fase 1, en las condiciones óptimas donde se presente variación de la demanda, la velocidad está en un rango de 17.2 Km/h a 18.0 Km/h. Se debe recalcar que en una condición crítica se puede presentar velocidades menores al base.

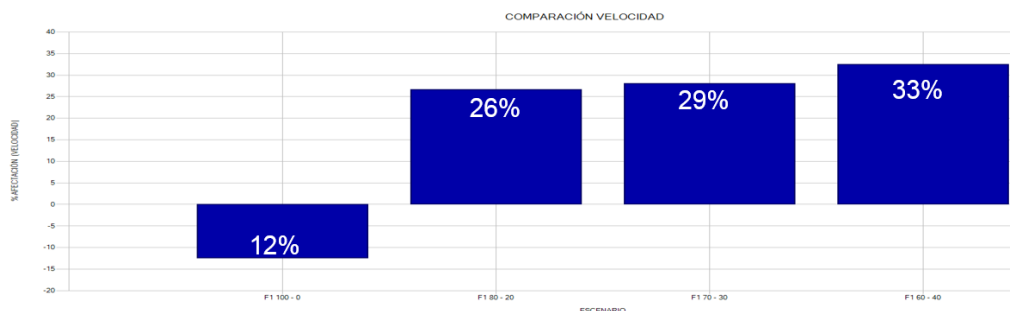


Figura 37. Variación de Velocidades de los escenarios evaluados respecto al base, Fase 1.

Según la Figura 37, se evidencia un aumento de la velocidad en promedio, del 30%, pero se puede tener una condición donde se reduzca la velocidad en un 12%, condición que no puede ser aceptada.

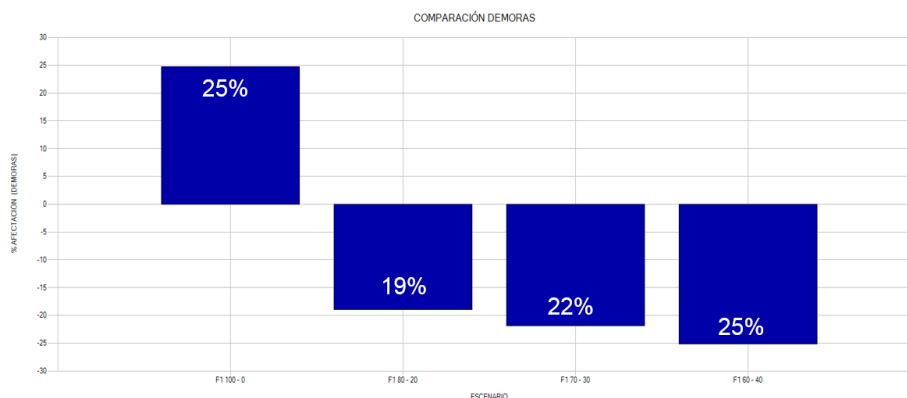


Figura 38. Variación de Demoras para los escenarios evaluados respecto al base, Fase 1.

Las demoras en los escenarios óptimos se pueden pronosticar con una disminución del 19% al 25%, bajo la premisa de variación de las condiciones de demanda e implementación de los supuestos para cada alternativa.

## 10.2. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS FASE 2

En las figuras siguientes se presentan las condiciones en cuanto a velocidad y demoras para la Fase 2, para cada uno de los escenarios propuestos futuros se modelo con variación de la demanda 70%-30% 8Condición optima).

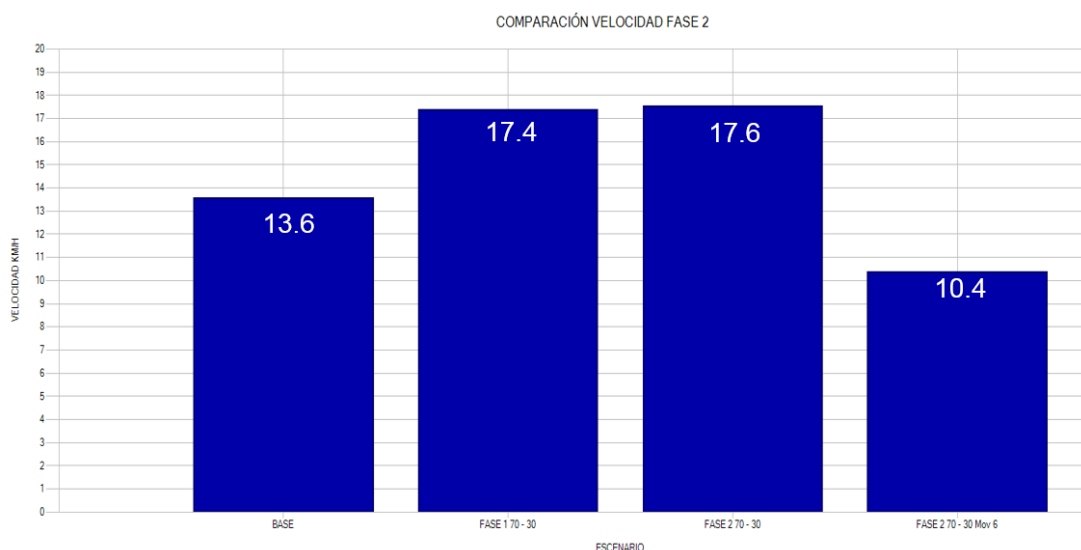


Figura 39. Comparación de Velocidades escenarios evaluados Fase 2.

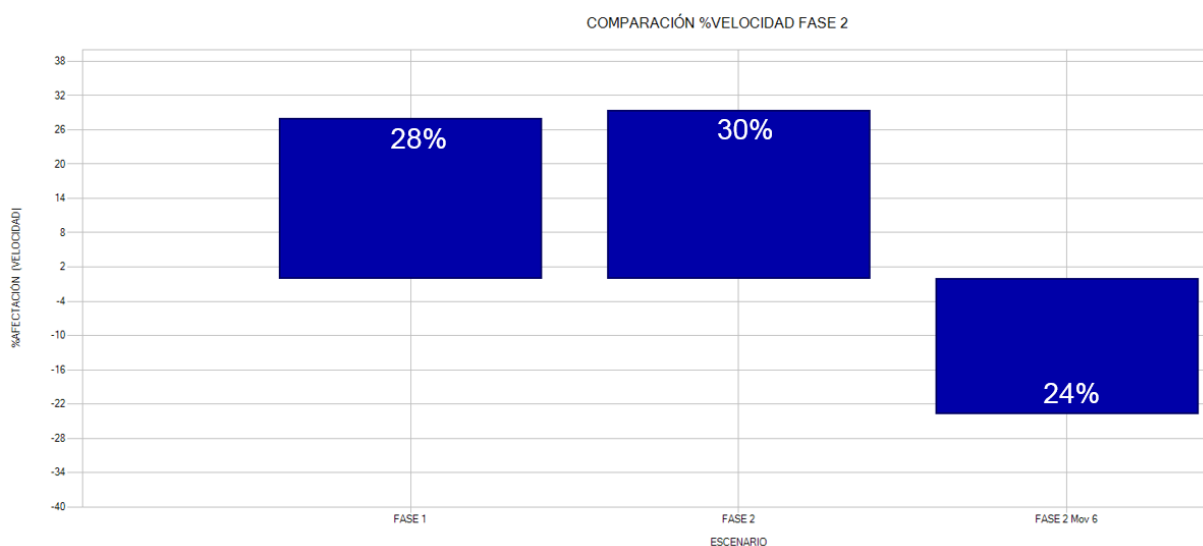


Figura 40. Variación de Velocidades de los escenarios evaluados respecto al base, Fase 2.

Según la Figura 40, no es viable el escenario de la fase 2, en el cual se asigna flujo vehicular en la Avenida 3 Norte con Calle 21 Norte, ya que presenta una disminución de la velocidad en un 24%, en las condiciones óptimas, se deduce que la implementación de la Fase 1 + Fase 2, generan aumentos de la velocidad en un 30% respecto al base, pasando de velocidades de 13.2 Km/h a 17.6 Km/h.

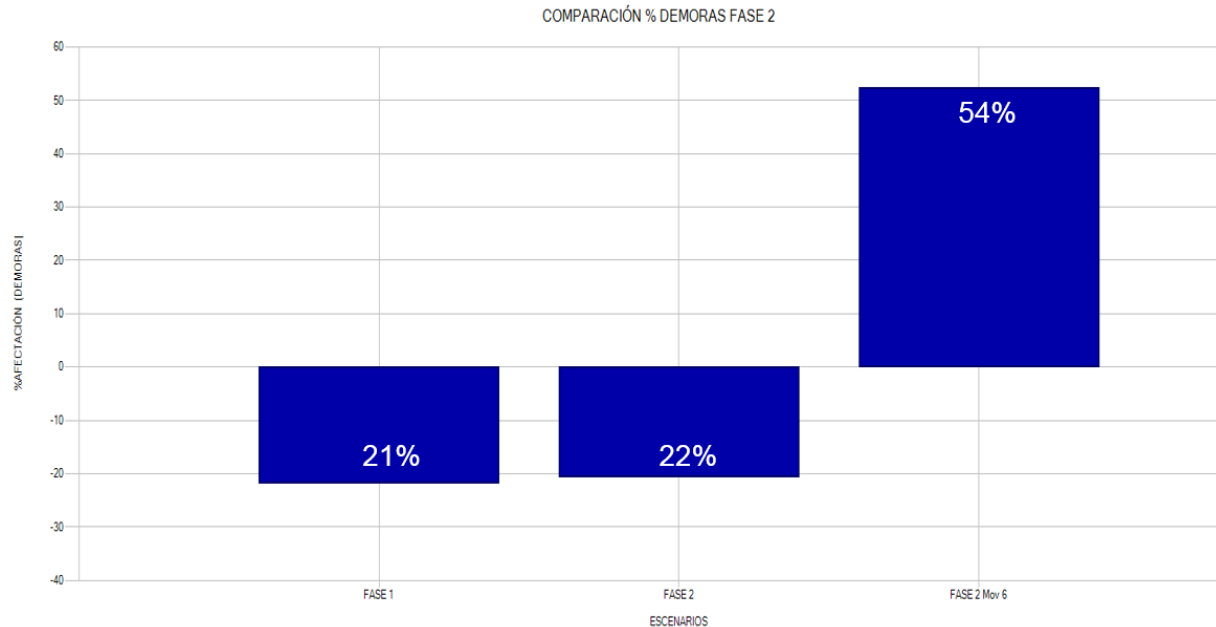


Figura 41. Variación de Demoras para los escenarios evaluados respecto al base, Fase 2.

Según la Figura 41, para el escenario de la <<Fase 2, 70-30 con Movimiento 6>>, al disminuir las velocidades, las demoras aumentan en este caso un 54%, se establece que no es viable asignar flujo, por la Avenida 3 Norte con Calle 21 Norte.

Implementar la <<Fase 1>> o <<Fase 2 sin Movimiento 6>>, se evidencia que la disminución de las demoras está en 21% y 22% respectivamente, se presenta un buen cambio respecto al escenario Base, pero comparando los dos escenarios su diferencia es de un 1%, la decisión de implementar una condición u otra, radica en las implicaciones a nivel micro de índices de servicio para cada intersección, la intervención a nivel constructivo de algunas vías, y construcción e implementación de paraderos del sistema de transporte BRT <<MIO>>.

## 11. IMPACTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO POR IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 13.

Descripción de los impactos a cada uno de los actores de la Zona de estudio.

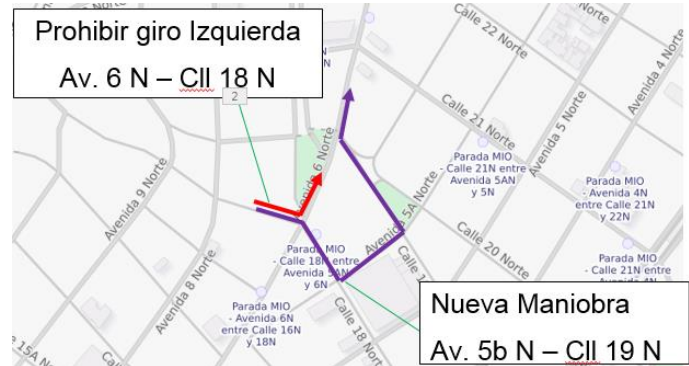
SECTOR	IMPACTO	ESTRATEGIA
SOCIAL	ZER El contrato interadministrativo No. 4552.010.27.1.001 de 2019, análisis de alternativas para la implementación operación y sostenibilidad del sistema de estacionamiento en vía pública. Diseños de cajones sobre la Avenida 5 N, 5a N y 5b N, reducción de la sección transversal del carril, menor capacidad de las vías.	
	Comercio y Hospitales Presencia de establecimiento sobre la calle 21 N y presencia de Hospitales sobre la Avenida 5 Norte	Socialización a la comunidad afectada de mayor interés: hospitales y puntos comerciales.
	Velocidad actual 13.6 Km/h A nivel General: FASE 1: Velocidad Aumenta 28%, demoras disminuyen 21% FASE 2: Velocidad Aumenta 30%, demoras disminuyen 22%	
	Movilidad del sector A nivel Micro: FASE 1: Intersección Cll 18N - Av. 3N, demoras aumentan 45% FASE 2: Intersección Cll 18N - Av. 3N, demoras aumentan 30% Intersección Cll 21N - Av. 2N, demoras aumentan 40%	
	Condición más crítica, Corredor de la Avenida 5 Norte, disminución de la velocidad en 20%	
	Socialización Solamente se hizo reunión con los líderes de la comunidad	Socializar impactos con la comunidad general
BRT "MIO"	Usuarios En cualquiera de las fases de implementación de los cambios viales impacta levemente la accesibilidad de los usuarios del sistema.	Jornadas por parte de Metro - Cali, con el fin de dar a conocer a la comunidad los nuevos trayectos de las rutas.
	Operatividad FASE 1: Afectación a las rutas de Transporte Público P27D y P30A, aumento en los tiempos de operación de las rutas, y aumento en el trayecto de usuarios que tienen acceso en el área de la Calle 18 N, entre Av. 3N y 6N. FASE 2: las rutas de Transporte Público tienen leve variación en sus tiempos de recorrido y accesibilidad.	
	Económico Construcción y adecuación de 5 paraderos de Transporte Público, un costo de 12 millones - 20 millones de pesos.	
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	Económico Adecuación de 20 intersecciones en cualquiera de las fases; se estima un costo aproximado de implementación de 130 millones de pesos. FASE 1: Adecuación por parte de la secretaría de infraestructura en la Calle 9 entre Av. 2N y 4N, debido al proyecto revitalización del Río Cali que cierra calle 12 N.	Gestión de recursos por parte de la secretaría de Movilidad y si es el caso secretaría de infraestructura.

Autores.

## 12. CONCLUSIONES

- Con las restricciones de recursos e información disponibles, y luego de aplicar los supuestos descritos en el documento, no existen suficientes argumentos para recomendar la implementación de los cambios propuestos por la comunidad en el barrio Versailles.
- En caso de implementar los cambios viales propuestos, existe la posibilidad de que las condiciones del tráfico vehicular mejoren a lo largo de la Calle 21 Norte, pero empeoren sustancialmente a lo largo de la Calle 18 Norte, y especialmente en la intersección de la Calle 18 Norte con Avenida 3 Norte, incrementando las demoras para el tráfico mixto que accede a dicho corredor y para los buses de transporte masivo.
- La intersección más afectada durante la ejecución de la fase 1, sería la Calle 18 N con Avenida 3 Norte, donde se estimaron incrementos de las demoras cercanos al 45% en la primera fase y cercanos al 30% en la Fase 2.
- La intersección más afectada durante la ejecución de la fase 2, es La Calle 21 Norte con Avenida 2 Norte. Se estiman incrementos de las demoras cercanos al 40% en este punto.
- En caso de implementar la Fase 1, las rutas P27D y P30A serían afectadas en su operación y trazado, en el sentido Centro – Norte.
- En caso de implementar la Fase 1, la calle 9 N entre Av. 2N y 4N debería ser intervenida para permitir el paso de los buses del MIO, debido a que la calle 12 en algún momento será cerrada por el proyecto de revitalización del río Cali. Esta situación se podría evitar, al implementar directamente la Fase 2.
- Sí se llegan a ejecutar los cambios viales, se deben realizar trabajos de construcción y adecuación de 6 paraderos de transporte público, con un costo por paradero de 12 y 20 millones de pesos.
- En cualquiera de las fases de implementación de los cambios viales, impacta levemente la accesibilidad de los usuarios del sistema, debido a los cambios en los trazados de las rutas y en la ubicación de las paradas.
- En caso de implementar cualquier cambio vial, se debe realizar un diseño detallado de señalización vertical y horizontal, que contemple la ubicación y diseño de los semáforos de las intersecciones controladas.

- En caso de implementar los cambios viales de la Fase 2, se recomienda que el tramo de la Calle 21N, entre Avenida 3N y Avenida 2N funcione en un solo sentido Sur – Norte.
- En caso de implementar los cambios viales, en cualquiera de las Fases, se recomienda que en la Avenida 6N con Calle 18N, no se habilite el giro a la izquierda, Movimiento 5, desde la Calle 18N hasta la Avenida 6N. En este caso se deberá realizar un giro indirecto, bajando por la Calle 18N, hasta la Avenida 5b N, llegar hasta la Calle 19N, y Retornar a la Avenida 6N.



### 13. RECOMENDACIONES

- Se recomienda de manera prioritaria realizar las inversiones necesarias para garantizar la conexión de los semáforos de la calle 21 Norte con la central de la secretaría de movilidad, con el fin de poder sincronizar las fases de cada uno de ellos.
- No se recomienda la implementación inmediata de los escenarios evaluados a partir los modelos diseñados. La mejora en las condiciones del tráfico local no es evidente, los resultados de los modelos no son estables frente a variaciones en los supuestos.
- Se recomienda realizar un estudio más detallado, en donde se amplíe la zona de estudio, y que cuente con una toma de información más extensa, con el fin de poder diseñar un modelo de asignación dinámica que permita estimar el comportamiento de los usuarios al interior de la red.
- Se recomienda evaluar más alternativas dentro de un estudio más amplio. Se recomienda realizar jornadas de concertación con un grupo significativo de miembros de la comunidad para incluir propuestas de cambios adicionales.
- Se recomienda evaluar el impacto de la implementación de los cambios propuestos en las zonas aledañas, en particular en la intersección de la Calle 25 con Avenida 2 Norte y sus repercusiones sobre la accesibilidad desde el norte de la ciudad.
- Se recomienda evaluar las siguientes condiciones dentro de los nuevos escenarios:
  - Cambios de sentido en la Avenida Estación (Calle 23DN)
  - Giro a Giro a la izquierda desde la Av. 6 N hacia la calle 20N
  - Doble sentido de la Calle 18 N, entre Av. 3 N y Av. 6 N



- Cambio de sentido de la Av. 2N, entre Calles 18 N y 21 N
- Cambio de sentido de la Av. 2N, entre Calles 21 N y 25 N

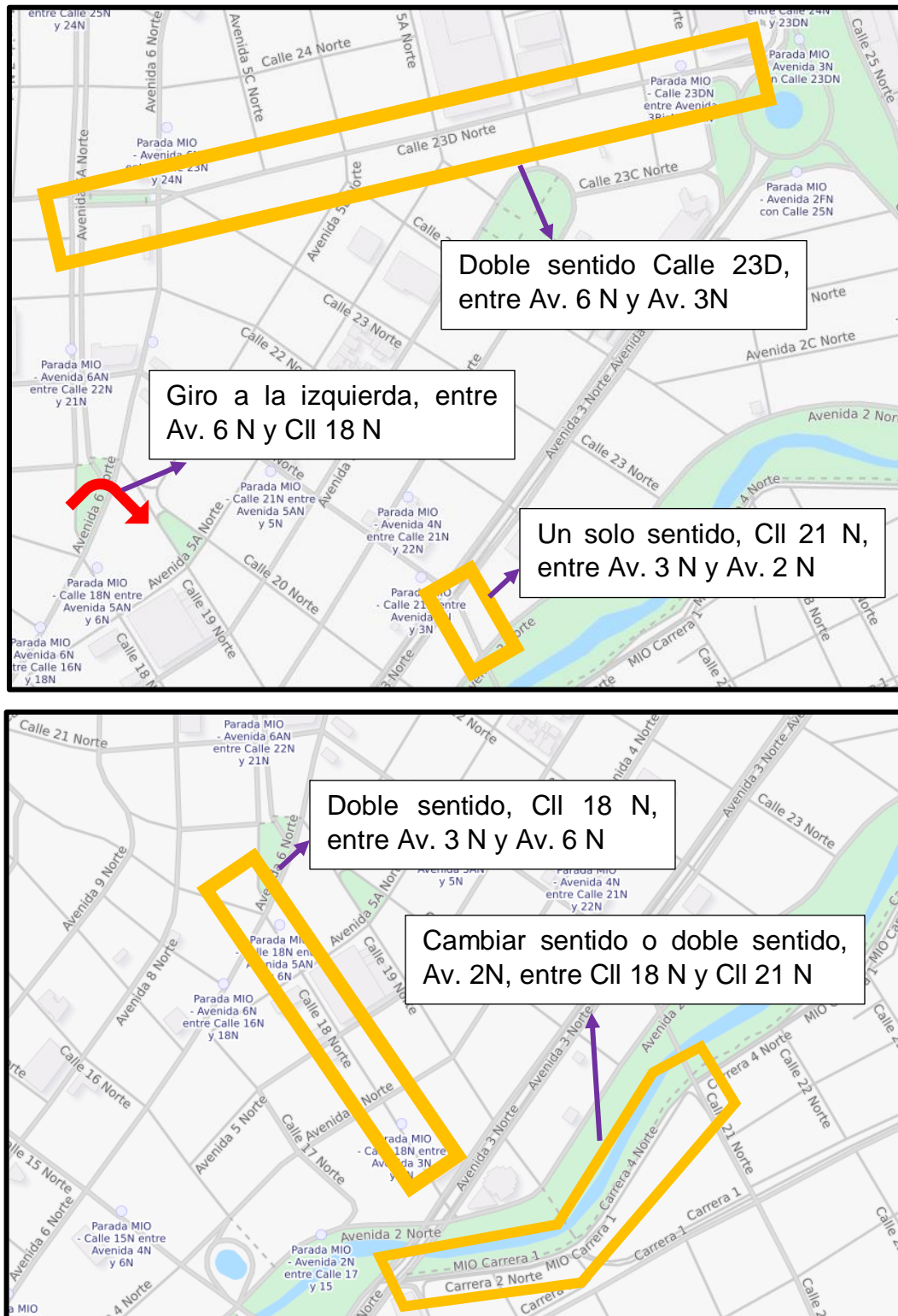


Figura 42. Otras Propuestas a evaluar, con un modelo dinámico del sector de Versalles.



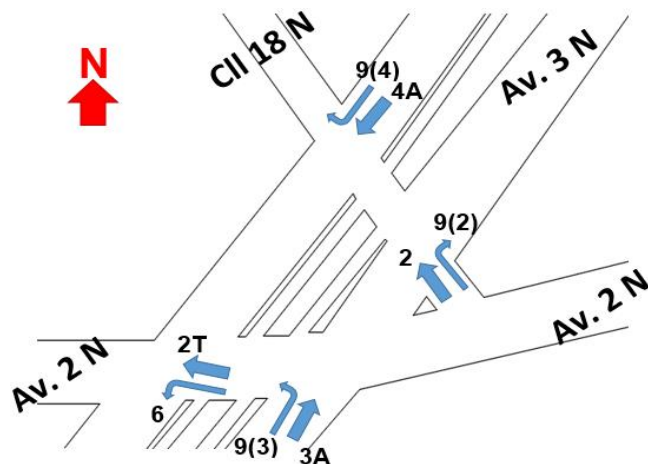
## Anexo 2. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 3 Norte con Calle 18 Norte.

Mov 2	FHP	0.89	Mov 9(2)	FHP	0.25	Mov 3	FHP	0.95	Mov 9(3)B - Cll 18N	FHP	0.92	Mov 4 Av.3N-Cll18	FHP	0.95	Mov 9(4) -Cll 18N	FHP	0.68		
Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	36	Bici equiv	10.8	Bicicletas	0	Bici equiv	10.8	Bicicletas	13	Bici equiv	3.9
Automoviles	52	Automoviles Equivalentes	52	Automoviles	2	Automoviles Equivalentes	2	Automoviles	1248	Automoviles Equivalentes	1248	Automoviles	0	Automoviles Equivalentes	1248	Automoviles	29	Automoviles Equivalentes	29
Motos	113	Motos Equivalentes	56.5	Motos	0	Motos Equivalentes	0	Motos	1202	Motos Equivalentes	601	Motos	0	Motos Equivalentes	601	Motos	12	Motos Equivalentes	6
Camión	3	Camiónes Equivalentes	7.5	Camión	0	Camiónes Equivalentes	0	Camión	18	Camiónes Equivalentes	45	Camión	0	Camiónes Equivalentes	45	Camión	0	Camiónes Equivalentes	0
Bus	2	Bus Equivalente	4	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	15	Bus Equivalente	30	Bus	0	Bus Equivalente	30	Bus	0	Bus Equivalente	0
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	38	Bus Padrón Equivalente	76	Bus Padrón	15	Bus Padrón Equivalente	30	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	17	Bus Articulado Equivalente	42.5	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	170	Total Equiva	120	Total Mixto	2	Total Equiva	2	Total Mixto	2538	Total Equiva	2042.5	Total Mixto	15	Total Equiva	30	Total Mixto	2565	Total Equiva	2096.5
Hv (Mixto)	3%	Hv (Equiv)	10%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	3%	Hv (Equiv)	9%	Hv (Mixto)	100%	Hv (Equiv)	100%	Hv (Mixto)	4%	Hv (Equiv)	12%
Lv (Mixto)	97%	Lv (Equiv)	90%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	97%	Lv (Equiv)	91%	Lv (Mixto)	0%	Lv (Equiv)	96%	Lv (Mixto)	88%	Lv (Equiv)	100%

Avenida 3 Norte - Avenida 2 Norte - Calle 18 Norte

Mov 2T	FHP	0.98	Mov 3	FHP	0.85	Mov 9(3)B - Av.2N	FHP	0.92	Mov 4 Av.3N-Av.2	FHP	0.95	Mov 9(4) - Av. 2N	FHP	0.95	
Bicicletas	9	Bici equiv	2.7	Bicicletas	6	Bici equiv	1.8	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	5	Bici equiv	1.6
Automoviles	666	Automoviles Equivalentes	666	Automoviles	351	Automoviles Equivalentes	351	Automoviles	0	Automoviles Equivalentes	0	Automoviles	187	Automoviles Equivalentes	187.2
Motos	608	Motos Equivalentes	304	Motos	527	Motos Equivalentes	263.5	Motos	0	Motos Equivalentes	0	Motos	180	Motos Equivalentes	90.15
Camión	11	Camiónes Equivalentes	27.5	Camión	5	Camiónes Equivalentes	12.5	Camión	0	Camiónes Equivalentes	0	Camión	3	Camiónes Equivalentes	6.75
Bus	59	Bus Equivalente	118	Bus	12	Bus Equivalente	24	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	2	Bus Equivalente	4.5
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	53	Bus Padrón Equivalente	106	Bus Padrón	4	Bus Padrón Equivalente	8	Bus Padrón	46	Bus Padrón Equivalente	92
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	17	Bus Articulado Equivalente	42.5	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	17	Bus Articulado Equivalente	42.5
Total Mixto	1344	Total Equiva	1115.5	Total Mixto	965	Total Equiva	799.5	Total Mixto	4	Total Equiva	8	Total Mixto	435.45	Total Equiva	423.1
Hv (Mixto)	5%	Hv (Equiv)	13%	Hv (Mixto)	9%	Hv (Equiv)	23%	Hv (Mixto)	100%	Hv (Equiv)	100%	Hv (Mixto)	16%	Hv (Equiv)	34%
Lv (Mixto)	95%	Lv (Equiv)	87%	Lv (Mixto)	91%	Lv (Equiv)	77%	Lv (Mixto)	0%	Lv (Equiv)	0%	Lv (Mixto)	84%	Lv (Equiv)	66%

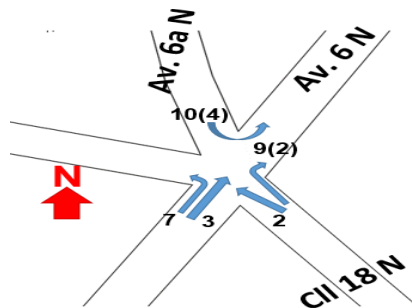
Mov 2T	FHP	0.98	Mov 3	FHP	0.85	Mov 9(3)B - Av.2N	FHP	0.92	Mov 4 Av.3N-Av.2	FHP	0.95	Mov 9(4) - Av. 2N	FHP	0.95	
Bicicletas	9	Bici equiv	2.7	Bicicletas	6	Bici equiv	1.8	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	31	Bici equiv	9.2
Automoviles	666	Automoviles Equivalentes	666	Automoviles	351	Automoviles Equivalentes	351	Automoviles	0	Automoviles Equivalentes	0	Automoviles	1061	Automoviles Equivalentes	1060.8
Motos	608	Motos Equivalentes	304	Motos	527	Motos Equivalentes	263.5	Motos	0	Motos Equivalentes	0	Motos	1022	Motos Equivalentes	510.85
Camión	11	Camiónes Equivalentes	27.5	Camión	5	Camiónes Equivalentes	12.5	Camión	0	Camiónes Equivalentes	0	Camión	15	Camiónes Equivalentes	38.25
Bus	59	Bus Equivalente	118	Bus	12	Bus Equivalente	24	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	13	Bus Equivalente	25.5
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	53	Bus Padrón Equivalente	106	Bus Padrón	4	Bus Padrón Equivalente	8	Bus Padrón	19	Bus Padrón Equivalente	38
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	17	Bus Articulado Equivalente	42.5	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	1344	Total Equiva	1115.5	Total Mixto	965	Total Equiva	799.5	Total Mixto	4	Total Equiva	8	Total Mixto	2129.6	Total Equiva	1673.4
Hv (Mixto)	5%	Hv (Equiv)	13%	Hv (Mixto)	9%	Hv (Equiv)	23%	Hv (Mixto)	100%	Hv (Equiv)	100%	Hv (Mixto)	2%	Hv (Equiv)	6%
Lv (Mixto)	95%	Lv (Equiv)	87%	Lv (Mixto)	91%	Lv (Equiv)	77%	Lv (Mixto)	0%	Lv (Equiv)	0%	Lv (Mixto)	98%	Lv (Equiv)	94%



Autores.

### Anexo 3. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 6 Norte con Calle 18 Norte.

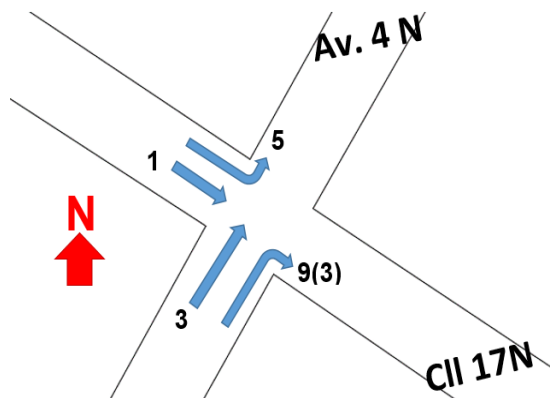
Mov 3	FHP	0.93		Mov 7	FHP	0.58		Mov 2	FHP	0.60	
Bicicletas	32	Bici equiv	9.6	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	7	Bici equiv	2.1
Automoviles	1266	Automoviles Equivalentes	1266	Automoviles	4	Automoviles Equivalentes	4	Automoviles	21	Automoviles Equivalentes	21
Motos	1186	Motos Equivalentes	593	Motos	3	Motos Equivalentes	1.5	Motos	12	Motos Equivalentes	6
Camión	18	Camiones Equivalentes	45	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	1	Camiones Equivalentes	2.5
Bus	2	Bus Equivalente	4	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	2	Bus Equivalente	4
Bus Padrón	6	Bus Padrón Equivalente	12	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	2478	Total Equiva	1920	Total Mixto	7	Total Equiva	5.5	Total Mixto	36	Total Equiva	33.5
Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	3%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	8%	Hv (Equiv)	19%
Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	97%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	92%	Lv (Equiv)	81%
Mov 9(2)	FHP	0.89		Mov 10(4)	FHP	0.78					
Bicicletas	1	Bici equiv	0.3	Bicicletas	2	Bici equiv	0.6				
Automoviles	115	Automoviles Equivalentes	115	Automoviles	58	Automoviles Equivalentes	58				
Motos	98	Motos Equivalentes	49	Motos	59	Motos Equivalentes	29.5				
Camión	2	Camiones Equivalentes	5	Camión	1	Camiones Equivalentes	2.5				
Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	1	Bus Equivalente	2				
Bus Padrón	15	Bus Padrón Equivalente	30	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0				
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0				
Total Mixto	230	Total Equiva	199	Total Mixto	119	Total Equiva	92				
Hv (Mixto)	7%	Hv (Equiv)	18%	Hv (Mixto)	2%	Hv (Equiv)	5%				
Lv (Mixto)	93%	Lv (Equiv)	82%	Lv (Mixto)	98%	Lv (Equiv)	95%				



Autores.

#### Anexo 4. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 4 Norte con Calle 17 Norte.

Mov 3	FHP	0.94		Mov 9(3)	FHP	1.00		Mov 1	FHP	0.84		Mov 5	FHP	0.83	
Bicicletas	8	Bici equiv	2.4	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	5	Bici equiv	1.5	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0
Automoviles	1324	Automoviles Equivalentes	1324	Automoviles	0	Automoviles Equivalentes	0	Automoviles	706	Automoviles Equivalentes	706	Automoviles	14	Automoviles Equivalentes	14
Motos	774	Motos Equivalentes	387	Motos	0	Motos Equivalentes	0	Motos	337	Motos Equivalentes	168.5	Motos	6	Motos Equivalentes	3
Camión	32	Camiones Equivalentes	80	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	1	Camiones Equivalentes	2.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0
Bus	11	Bus Equivalente	22	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	1	Bus Equivalente	2	Bus	0	Bus Equivalente	0
Bus Padrón	13	Bus Padrón Equivalente	26	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	2154	Total Equiva	1839	Total Mixto	0	Total Equiva	0	Total Mixto	1045	Total Equiva	879	Total Mixto	20	Total Equiva	17
Hv (Mixto)	3%	Hv (Equiv)	7%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	1%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%
Lv (Mixto)	97%	Lv (Equiv)	93%	Lv (Mixto)	0%	Lv (Equiv)	0%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	99%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%

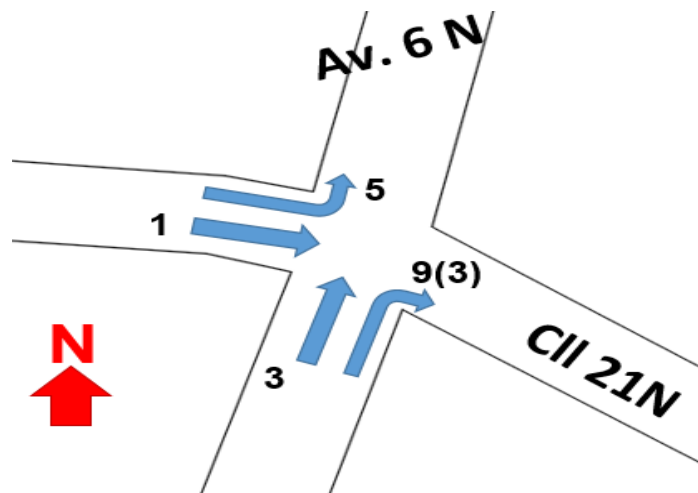


Autores.



## Anexo 5. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 6 Norte con Calle 21 Norte.

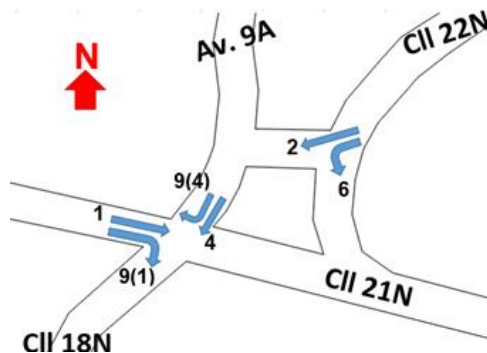
Mov 3	FHP	0.93		Mov 9(3)	FHP	0.75		Mov 1	FHP	0.92		Mov 5	FHP	0.35	
Bicicletas	34	Bici equiv	10.2	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	5	Bici equiv	1.5	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0
Automoviles	1557	Automoviles Equivalentes	1557	Automoviles	392	Automoviles Equivalentes	392	Automoviles	380	Automoviles Equivalentes	380	Automoviles	39	Automoviles Equivalentes	39
Motos	868	Motos Equivalentes	434	Motos	453	Motos Equivalentes	226.5	Motos	586	Motos Equivalentes	293	Motos	10	Motos Equivalentes	5
Camión	17	Camiones Equivalentes	42.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	5	Camiones Equivalentes	12.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0
Bus	6	Bus Equivalente	12	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	0	Bus Equivalente	0
Bus Padrón	13	Bus Padrón Equivalente	26	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	2461	Total Equiva	2071.5	Total Mixto	845	Total Equiva	618.5	Total Mixto	971	Total Equiva	685.5	Total Mixto	49	Total Equiva	44
Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	4%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	2%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%
Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	96%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	98%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%



Autores.

## Anexo 6. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 9A Norte con Calle 21 Norte.

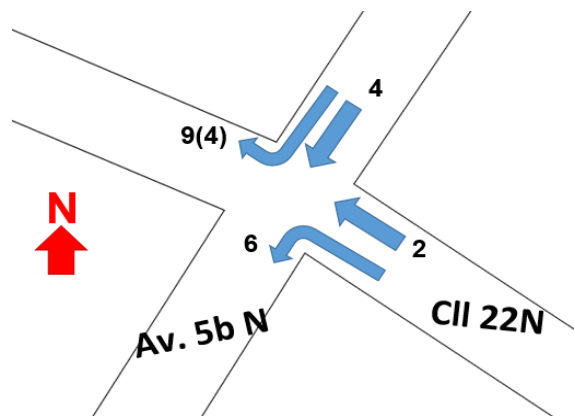
Mov 2	FHP	0.74		Mov 6	FHP	0.86		Mov 9(4) CII21-Av.9A	FHP	0.69		Mov 4, CII21-Av9a	FHP	0.73	
Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	2	Bici equiv	0.6
Automoviles	268	Automoviles Equivalentes	268	Automoviles	22	Automoviles Equivalentes	22	Automoviles	131	Automoviles Equivalentes	131	Automoviles	152	Automoviles Equivalentes	152
Motos	63	Motos Equivalentes	31.5	Motos	9	Motos Equivalentes	4.5	Motos	23	Motos Equivalentes	11.5	Motos	42	Motos Equivalentes	21
Camión	1	Camiones Equivalentes	2.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	1	Camiones Equivalentes	2.5
Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	1	Bus Equivalente	2
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	332	Total Equiva	302	Total Mixto	31	Total Equiva	26.5	Total Mixto	154	Total Equiva	142.5	Total Mixto	196	Total Equiva	177.5
Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	1%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	3%
Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	99%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	97%
Mov 4, Ave 9A	FHP	0.73		Mov 1	FHP	1.00		Mov 9(1)	FHP	1.00					
Bicicletas	2	Bici equiv	0.6	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0				
Automoviles	15	Automoviles Equivalentes	15	Automoviles	0	Automoviles Equivalentes	0	Automoviles	0	Automoviles Equivalentes	0				
Motos	2	Motos Equivalentes	1	Motos	0	Motos Equivalentes	0	Motos	0	Motos Equivalentes	0				
Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	0	Camiones Equivalentes	0				
Bus	1	Bus Equivalente	2	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	0	Bus Equivalente	0				
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0				
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0				
Total Mixto	18	Total Equiva	18	Total Mixto	0	Total Equiva	0	Total Mixto	0	Total Equiva	0				
Hv (Mixto)	6%	Hv (Equiv)	11%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%				
Lv (Mixto)	94%	Lv (Equiv)	89%	Lv (Mixto)	0%	Lv (Equiv)	0%	Lv (Mixto)	0%	Lv (Equiv)	0%				



Autores.

## Anexo 7. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 5B Norte con Calle 22 Norte.

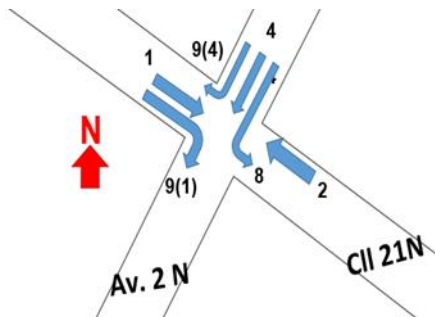
Mov 2	FHP	0.95		Mov 6	FHP	0.56		Mov 4	FHP	0.75		Mov 9(4)	FHP	0.38	
Bicicletas	4	Bici equiv	1.2	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	8	Bici equiv	2.4	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0
Automoviles	478	Automoviles Equivalentes	478	Automoviles	103	Automoviles Equivalentes	103	Automoviles	356	Automoviles Equivalentes	356	Automoviles	5	Automoviles Equivalentes	5
Motos	297	Motos Equivalentes	148.5	Motos	9	Motos Equivalentes	4.5	Motos	172	Motos Equivalentes	86	Motos	1	Motos Equivalentes	0.5
Camión	2	Camiones Equivalentes	5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	5	Camiones Equivalentes	12.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0
Bus	2	Bus Equivalente	4	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	1	Bus Equivalente	2	Bus	0	Bus Equivalente	0
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	779	Total Equiva	635.5	Total Mixto	112	Total Equiva	107.5	Total Mixto	534	Total Equiva	456.5	Total Mixto	6	Total Equiva	5.5
Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	1%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	3%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%
Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	99%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	97%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%



Autores.

## Anexo 8. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 2 Norte con Calle 21 Norte.

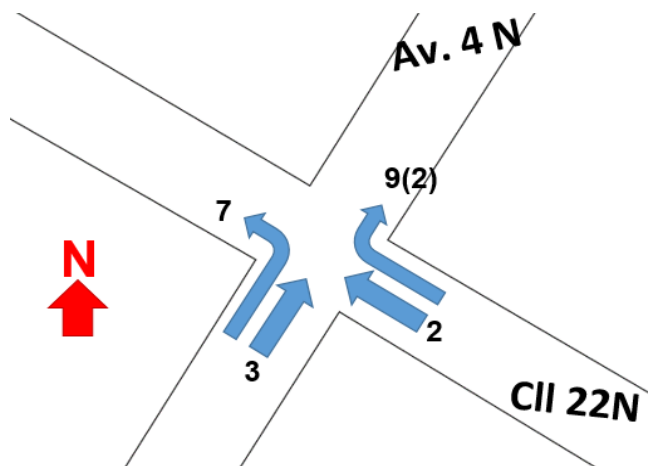
Mov 1	FHP	0.93		Mov 9(1)	FHP	0.78		Mov 4	FHP	0.92	
Bicicletas	5	Bici equiv	1.5	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	9	Bici equiv	2.7
Automoviles	657	Automoviles Equivalentes	657	Automoviles	31	Automoviles Equivalentes	31	Automoviles	689	Automoviles Equivalentes	689
Motos	1126	Motos Equivalentes	563	Motos	31	Motos Equivalentes	15.5	Motos	690	Motos Equivalentes	345
Camión	9	Camiones Equivalentes	22.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	14	Camiones Equivalentes	35
Bus	2	Bus Equivalente	4	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	61	Bus Equivalente	122
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	1794	Total Equiva	1246.5	Total Mixto	62	Total Equiva	46.5	Total Mixto	1454	Total Equiva	1191
Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	2%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	5%	Hv (Equiv)	13%
Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	98%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	95%	Lv (Equiv)	87%
Mov 9(4)	FHP	0.50		Mov 8	FHP	0.90		Mov 2	FHP	0.80	
Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	3	Bici equiv	0.9	Bicicletas	20	Bici equiv	6.0
Automoviles	4	Automoviles Equivalentes	4	Automoviles	187	Automoviles Equivalentes	187	Automoviles	202	Automoviles Equivalentes	202
Motos	2	Motos Equivalentes	1	Motos	185	Motos Equivalentes	92.5	Motos	104	Motos Equivalentes	52
Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	3	Camiones Equivalentes	7.5	Camión	8	Camiones Equivalentes	20
Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	2	Bus Equivalente	4	Bus	0	Bus Equivalente	0
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	6	Total Equiva	5	Total Mixto	377	Total Equiva	291	Total Mixto	314	Total Equiva	274
Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	4%	Hv (Mixto)	3%	Hv (Equiv)	7%
Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	96%	Lv (Mixto)	97%	Lv (Equiv)	93%



Autores.

## Anexo 9. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 4 Norte con Calle 22 Norte.

Mov 3	FHP	0.88		Mov 7	FHP	0.27		Mov 2	FHP	0.70		Mov 9(2)	FHP	0.92	
Bicicletas	8	Bici equiv	2.4	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	4	Bici equiv	1.2	Bicicletas	2	Bici equiv	0.6
Automoviles	1050	Automoviles Equivalentes	1050	Automoviles	206	Automoviles Equivalentes	206	Automoviles	375	Automoviles Equivalentes	375	Automoviles	127	Automoviles Equivalentes	127
Motos	635	Motos Equivalentes	317.5	Motos	95	Motos Equivalentes	47.5	Motos	211	Motos Equivalentes	105.5	Motos	148	Motos Equivalentes	74
Camión	31	Camiones Equivalentes	77.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	2	Camiones Equivalentes	5	Camión	2	Camiones Equivalentes	5
Bus	11	Bus Equivalente	22	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	2	Bus Equivalente	4	Bus	0	Bus Equivalente	0
Bus Padrón	13	Bus Padrón Equivalente	26	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Articulado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	1740	Total Equiva	1493	Total Mixto	301	Total Equiva	253.5	Total Mixto	590	Total Equiva	489.5	Total Mixto	277	Total Equiva	206
Hv (Mixto)	3%	Hv (Equiv)	8%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	2%	Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	2%
Lv (Mixto)	97%	Lv (Equiv)	92%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	98%	Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	98%

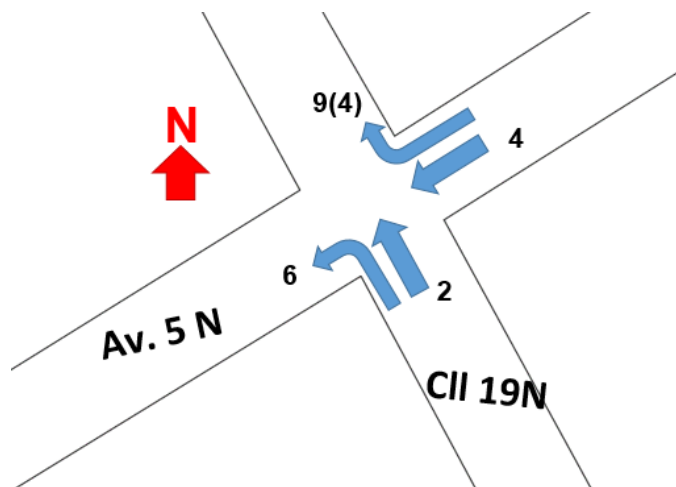


Autores.



## Anexo 10. Análisis del volumen vehicular, intersección Avenida 5 Norte con Calle 19 Norte.

Mov 2	FHP	0.75		Mov 6	FHP	0.93		Mov 4	FHP	0.87		Mov 9(4)	FHP	0.72	
Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0	Bicicletas	7	Bici equiv	2.1	Bicicletas	0	Bici equiv	0.0
Automoviles	55	Automoviles Equivalentes	55	Automoviles	27	Automoviles Equivalentes	27	Automoviles	1083	Automoviles Equivalentes	1083	Automoviles	102	Automoviles Equivalentes	102
Motos	25	Motos Equivalentes	12.5	Motos	25	Motos Equivalentes	12.5	Motos	490	Motos Equivalentes	245	Motos	32	Motos Equivalentes	16
Camión	1	Camiones Equivalentes	2.5	Camión	0	Camiones Equivalentes	0	Camión	2	Camiones Equivalentes	5	Camión	2	Camiones Equivalentes	5
Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	0	Bus Equivalente	0	Bus	1	Bus Equivalente	2	Bus	0	Bus Equivalente	0
Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0	Bus Padrón	0	Bus Padrón Equivalente	0
Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente	0	Bus Ariculado	0	Bus Articulado Equivalente	0
Total Mixto	81	Total Equiva	70	Total Mixto	52	Total Equiva	39.5	Total Mixto	1576	Total Equiva	1335	Total Mixto	136	Total Equiva	123
Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	4%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	0%	Hv (Mixto)	0%	Hv (Equiv)	1%	Hv (Mixto)	1%	Hv (Equiv)	4%
Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	96%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	100%	Lv (Mixto)	100%	Lv (Equiv)	99%	Lv (Mixto)	99%	Lv (Equiv)	96%



Autore

