

**Estudio de tránsito para mejorar la movilidad sobre el corredor vial de la Avenida Calle 24
entre la Carrera 97 y Carrera 86 de la ciudad de Bogotá D.C.**



Presentado por:
Diego Alfonso Pérez Plazas

Trabajo para optar por el título de:

Ingeniero civil

Par académico:
Ing. Pablo Emilio Muñoz Puentes

Director del proyecto de grado:
Ing. Fernando Rey Valderrama

Universidad Santo Tomás
División de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Civil
Bogotá D.C.

2019

Índice

1	Introducción	11
2	Objetivos.....	14
2.1	Objetivo general.....	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	Formulación del problema.....	16
4	Descripción detalla del proyecto.....	20
5	Justificación.....	24
6	Marco referencial.....	29
6.1	Marco científico.....	29
6.2	Marco teórico.....	31
6.3	Marco conceptual.....	32
6.4	Marco tecnológico	36
6.5	Marco metodológico	38
6.6	Marco histórico.....	41
6.7	Normatividad aplicable.....	45
7	Metodología.....	49
8	Descripción de la zona de estudio.....	56
8.1	Localización y descripción de la zona	56

8.2 Usos del suelo	58
8.3 Características de las condiciones de operación actual.....	62
8.3.1 Características de la malla vial	62
8.3.2 Estado de las vías.....	67
8.3.3 Tráfico en la zona de influencia.....	75
8.3.4 Características del sistema vial y de transporte.....	79
9 Información primaria tomada en campo y recolección de información secundaria	84
9.1 Programación de aforos vehiculares	84
9.2 Estación maestra	88
9.2.1 Resultados horarios y totales de la Estación Maestra	91
9.3 Planes semaforicos.....	95
10 Procesamiento y análisis de la información.....	101
10.1 Hora de máxima demanda HMD	107
10.2 Intersecciones viales principales.....	111
10.2.1 Intersección de la Avenida La Esperanza con Avenida Ciudad de Cali	112
10.2.2 Intersección de la Avenida La Esperanza con Transversal 95A	122
10.2.3 Intersección de la Avenida La Esperanza con Avenida Carrera 97	132
10.3 Aforos vehiculares a intersecciones secundarias	150
10.3.1 Retornos de la Avenida La Esperanza entre Carrera 96H y Transversal 94	150
10.3.2 Intersección de la Diagonal 23K con Carrera 96H	152
10.3.3 Intersección de la Avenida La Esperanza con Carrera 96K.....	154
10.4 Estudio de velocidades	156
11 Modelación	174

11.1 Escenario actual: Análisis y resultados.....	184
11.2 Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado	189
11.3 Alternativa 2: Modificación de las fases semafóricas.....	192
11.4 Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración.....	198
12 Conclusiones y recomendaciones.....	206
13 Bibliografía.....	210
14 Apéndice	212
14.1 Apéndice A - Aforo - punto 1: Avenida La Esperanza con Avenida Ciudad de Cali.....	213
14.2 Apéndice B - Aforo - punto 2: Avenida La Esperanza con Transversal 94.....	217
14.3 Apéndice C - Aforo - punto 3: Avenida La Esperanza con Carrera 97.	221
14.4 Apéndice D - Aforo - punto 4: Retornos Calle 24.....	225
14.5 Apéndice E - Aforo - punto 5: Diagonal 23K con Carrera 96H	226
14.6 Apéndice F - Aforo - punto 6: Avenida Calle 24 con Carrera 96K	227
14.7 Apéndice G - Programación automático interno de cada intersección semafórica.....	228
14.8 Apéndice H - Estación maestra Avenida Carrera 86 con Avenida Centenario.....	231
14.9 Apéndice I - Factores de ajuste – HCM 2010.....	234

Lista de Figuras

Figura 1. Tráfico en la red vial de estudio.....	17
Figura 2. Trafico de los días típicos en la mañana.	18
Figura 3. Localización de la red vial a estudiar.	20
Figura 4. Nomenclatura de movimientos vehiculares RILSA.....	23
Figura 5. Área de influencia del proyecto.	24
Figura 6. Indicadores demograficos y urbanos de la localidad de Fontibón.	26
Figura 7. Indicadores de viajes y modos de transporte en la localidad de Fontibón.	27
Figura 8. Nomenclatura de movimientos vehiculares RILSA.....	51
Figura 9. Distribución de las Unidades de Planeamiento Zonal en la localidad de Fontibón.....	57
Figura 10. Localización de la zona de estudio.....	58
Figura 11. Usos del suelo en la localidad de Fontibón.	59
Figura 12. Estado de los Planes Parciales en la localidad de Fontibón.	61
Figura 13. Malla vial de la localidad de Fontibón.	62
Figura 14. Clasificación de la malla vial.	64
Figura 15. Clasificación de la malla vial en Bogotá y estado.....	67
Figura 16. Estado de la malla vial arterial, intermedia, local y troncal en Bogotá.	68
Figura 17. Estado de la malla vial arterial en la localidad de Fontibón.....	69
Figura 18. Estado de la malla vial intermedia en la localidad de Fontibón.	69
Figura 19. Estado de la malla vial local en la localidad de Fontibón.	70
Figura 20 Rangos de clasificación del pavimento – Metodología IRI.....	71
Figura 21. Trafico del día típico – Lunes (mañana / tarde).	76
Figura 22. Trafico del día típico – Martes (mañana / tarde).	76
Figura 23. Trafico del día típico – Miercoles (mañana / tarde).	77
Figura 24 Trafico del día típico – Jueves (mañana / tarde).	77
Figura 25. Trafico del día típico – Viernes (mañana / tarde).....	78

Figura 26. Mapa general del sistema de transporte – Transmilenio.	81
Figura 27. Rutas SITP que circulan en la localidad de Fontibón.	82
Figura 28. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Av. Cl 24 X Av. Kr 86.....	85
Figura 29. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Av. Cl 24 X Tv 94.	86
Figura 30. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Av. Cl 24 X Av. Kr 97.....	86
Figura 31. Movimientos vehiculares aforados sobre la Av. Cl 24 entre Tv 95A y Kr 96H.	87
Figura 32. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Dg 23K X Kr 96H.....	87
Figura 33. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Kr 96K X Dg 23K.....	88
Figura 34. Esquema Intersección AK 86 X AC 17.	89
Figura 35. Toma de Información Estación Maestra por Acceso.	91
Figura 36. Comportamiento vehicular horario de la estación maestra AK 86 X AC 17.	93
Figura 37. Composición vehicular de la estación maestra AK 86 X AC 17.	94
Figura 38. Esquema general de movimientos vehiculares y peatonales – AK 86 X AC 24.....	96
Figura 39. Plan semaforico de la intersección AK 86 X AC 24.....	97
Figura 40. Esquema general de movimientos vehiculares y peatonales – AK 97 X AC 24.....	98
Figura 41 Plan semaforico de la intersección AK 97 X AC 24.....	98
Figura 42. Esquema general de movimientos vehiculares y peatonales – TV 95A X AC 24.	99
Figura 43. Plan semaforico de la intersección TV 95A X AC 24.	100
Figura 44. Histograma de frecuencias vehiculares horarios totales.....	110
Figura 45. Diagrama de cargas vehiculares de la red vial a evaluar.....	111
Figura 46. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X AK 86.	113
Figura 47. Composición vehicular - AC 24 X AK 86.	114
Figura 48. Modulo de entrada - AC 24 X AK 86.	116
Figura 49. Modulo de flujo de saturación - AC 24 X AK 86.	117
Figura 50. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad - AC 24 X AK 86.	119
Figura 51. Factor de progresión - AC 24 X AK 86.	120
Figura 52. Módulo de nivel de servicio - AC 24 X AK 86.....	121

Figura 53. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X TV 95A.....	124
Figura 54. Composición vehicular - AC 24 X TV 95A.....	125
Figura 55. Modulo de entrada - AC 24 X TV 95A.....	126
Figura 56. Modulo de flujo de saturación - AC 24 X TV 95A.....	127
Figura 57. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad - AC 24 X TV 95A.....	129
Figura 58. Factor de progresión - AC 24 X TV 95A.....	130
Figura 59. Módulo de nivel de servicio - AC 24 X TV 95A.....	131
Figura 60. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X AK 97.....	134
Figura 61. Composición vehicular - AC 24 X AK 97.....	135
Figura 62. Modulo de entrada - AC 24 X AK 97.....	136
Figura 63. Modulo de flujo de saturación - AC 24 X AK 97.....	137
Figura 64. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad - AC 24 X AK 97.....	139
Figura 65. Factor de progresión - AC 24 X AK 97.....	140
Figura 66. Módulo de nivel de servicio - AC 24 X AK 97.....	141
Figura 67. Modulo de entrada – KR 97.....	143
Figura 68. Modulo de flujo de saturación – KR 97.....	144
Figura 69. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad – KR 97.....	146
Figura 70. Factor de progresión – KR 97.....	148
Figura 71. Módulo de nivel de servicio – KR 97.....	149
Figura 72. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – Retornos AC 24 entre KR 96H y TV 94....	151
Figura 73. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – DG 23K X KR 96H.....	153
Figura 74. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X KR 96K.....	155
Figura 75. Recorrido del estudio de velocidades – AC 24 entre AK 97 y AK 86.....	157
Figura 76. Avenida La Esperanza entre Carrera 100 y Carrera 97 - sentido occidente oriente.....	159
Figura 77. Avenida La Esperanza entre Carrera 97 y Transversal 95A - sentido occidente oriente.....	161
Figura 78. Avenida La Esperanza entre Transversal 95A y Carrera 86 - sentido occidente oriente.....	163
Figura 79. Avenida La Esperanza entre Carrera 82 y Carrera 86 - sentido oriente occidente.....	166

Figura 80. Avenida La Esperanza entre Carrera 86 y Transversal 95A - sentido oriente occidente.	168
Figura 81. Avenida La Esperanza entre Transversal 95A y Carrera 97 - sentido oriente occidente.	171
Figura 82. Modelación de la infraestructura vial en Ptv Vissim v.8.0.....	174
Figura 83. Herramientas de modelación de la red vial.	176
Figura 84. Nodos de calibración del modelo.	180
Figura 85. Modelación 1 - Escenario actual en Vissim 8.0.	183
Figura 86. Niveles de servicio de la red vial actual.	185
Figura 87. Modelación 2 - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado en Vissim 8.0.	190
Figura 88. Niveles de servicio - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado.....	191
Figura 89. Intersección a desnivel Av. Ciudad de Cali con Av. El Ferrocarril de occidente.	193
Figura 90. Modificación de las fases semaforicas AC 24 X AK 97 – AC 24 X AK 86.	194
Figura 91. Modelación 3 - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas en Vissim 8.0.....	195
Figura 92. Niveles de servicio - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas.	197
Figura 93. Cambio de sentido sobre la Carrera 99.	199
Figura 94. Modificación plan semaforico AC 24 X AK 97.....	200
Figura 95. Modelación 4 - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración en Vissim 8.0.	201
Figura 96. Niveles de servicio - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración.	202

Lista de cuadros

Cuadro 1. Características de las intersecciones de la red vial a evaluar.	21
Cuadro 2. Características principales de la red vial objeto de estudio.....	65
Cuadro 3. Rangos de clasificación del PCI.	71
Cuadro 4. Estado de la malla vial según IRI y PCI.	73
Cuadro 5. Descripción Toma de Información de la Estación Maestra AK 86 X AC 17.	90
Cuadro 6. Resultados de la HMD en sus tres periodos de evaluación – estación AK 86 X AC 17.....	92
Cuadro 7. Resultados de las 18 horas de aforo – estación AK 86 X AC 17.....	92
Cuadro 8. Análisis de capacidad y de niveles de servicio.	103
Cuadro 9. Volumen vehicular horario total.	109
Cuadro 10. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Avenida Carrera 86.	112
Cuadro 11. TPD actual 12 horas - AC 24 X AK 86.	114
Cuadro 12. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD (mañana y tarde) - AC 24 X AK 86.	115
Cuadro 13. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Transversal 95A.	123
Cuadro 14. TPD actual 12 horas - AC 24 X TV 95A.....	124
Cuadro 15. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD (mañana y tarde) - AC 24 X TV 95A.....	125
Cuadro 16. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Avenida Carrera 97.	133
Cuadro 17. TPD actual 12 horas - AC 24 X AK 97.	134
Cuadro 18. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD (mañana y tarde) - AC 24 X AK 97.	135
Cuadro 19. Volumen vehicular horario – Retornos AC 24 entre KR 96H y TV 94.....	150
Cuadro 20. Cargas vehiculares por movimiento HMD - Retornos AC 24 entre KR 96H y TV 94.....	151
Cuadro 21. Volumen vehicular horario – Diagonal 23K con Carrera 96H.	152
Cuadro 22. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD - DG 23K X KR 96H.....	153
Cuadro 23. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Carrera 96K.....	154
Cuadro 24. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD - DG 23K X KR 96H.....	155
Cuadro 25. Flujos vehiculares aforados en la HMD.....	177

Cuadro 26. Criterios y rangos de aceptación para la calibración de una microsimulación.	181
Cuadro 27. Calibración del modelo.	182
Cuadro 28. Niveles de servicio de la red vial actual.	185
Cuadro 29. Resultados agregados de la red vial actual.	189
Cuadro 30. Niveles de servicio - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado.	191
Cuadro 31. Resultados agregados - Alternativa 1: Infraestructura vial en buen estado.	192
Cuadro 32. Niveles de servicio - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas.	197
Cuadro 33. Resultados agregados - Alternativa 2: Modificación de las fases semaforicas.	198
Cuadro 34. Niveles de servicio - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración.	202
Cuadro 35. Resultados agregados - Alternativa 3: Puente vehicular y carriles de aceleración y desaceleración.	203
Cuadro 36. Comparación entre alternativas de mitigación.	205

1 Introducción

La movilidad vehicular en una ciudad se convierte en un factor de gran relevancia para el desarrollo de sus ciudadanos, ya que tiene un impacto directo en las necesidades habituales de cada uno (trabajo, estudio, recreación, compras, etc.), lo que deriva inevitablemente en la generación de múltiples viajes en diferentes modos de transporte. Para el caso que nos ocupa en la ciudad de Bogotá, se evaluó las condiciones de operación vehicular del corredor vial de la Av. La Esperanza (Calle 24), entre la Av. Carrera 97 y la Av. Ciudad de Cali (Carrera 86), en el sector de Modelia – Fontibón. Esto, con el fin de dar solución a la congestión que se presenta mediante las herramientas que ofrece la ingeniería de tránsito, al evaluar el funcionamiento de la red vial involucrada en la hora de máxima demanda, lo que da la posibilidad de identificar los factores determinantes que guardan relación directa con la operación y su problemática.

Uno de los objetivos fundamentales de la ingeniería de tránsito, es plantear, diseñar y operar las redes viales, de tal forma, que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. Durante los periodos de mayor demanda se ve entorpecida la operación vehicular, especialmente en los corredores principales de mayor atracción vial, dado que la planificación de la ciudad, su propia configuración y dinámica, concentra gran cantidad de vehículos en tiempos específicos del día entre los diferentes pares origen – destino. Como consecuencia el sistema tiende a suturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestionamiento con las consiguientes demoras y colas asociadas.

La ciudad de Bogotá ha sufrido un crecimiento desacelerado en los últimos 50 años, producto principalmente de la industrialización y el fortalecimiento de los diferentes sectores económicos

en el país; sin embargo, en la actualidad, el crecimiento de la capital no resulta proporcional a lo que demandado en temas de infraestructura vial, pues en los periodos de máxima demanda, la mayor parte de los corredores de la malla vial arterial e intermedia, se encuentran saturados de vehículos que se movilizan según las necesidades de cada usuario. Es el caso del corredor vial de la Avenida La Esperanza entre la Carrera 97 y la Carrera 86, en el sector de Modelia - Fontibón, por donde transita un flujo vehicular elevado, en su mayoría vehículos livianos (motos y autos) y camiones de carga, a consecuencia del desarrollo urbano y de sus actividades económicas internas, pues esta localidad resulta ser el principal eje articulador del desarrollo industrial dada la presencia de una importante zona industrial, la zona franca y su ubicación estratégica al ser la conexión del distrito con los municipios de Mosquera, Funza, Madrid y Facatativá hacia el occidente, lo que hace de la Avenida La Esperanza, un corredor de gran atracción vial. De igual forma, es importante aclarar que al congestionamiento se suman causales de importancia que contribuyen a dicha problemática, deficiencias de diseño y geometría, comportamientos inadecuados por parte de los actores viales motorizados y no motorizados, el estado de las vías, entre otras.

El presente estudio se realizó con la siguiente disposición, el Capítulo 2 presenta el objetivo general y los objetivos específicos, el Capítulo 3 la Formulación de la problemática, el Capítulo 4 la Descripción detallada del proyecto, el Capítulo 5 la Justificación, el Capítulo 6 el Marco Referencial asociado a la temática del estudio, el Capítulo 7 presenta la metodología utilizada para la realización de este proyecto, en el Capítulo 8 se hace una descripción general de la zona de estudio, el Capítulo 9 muestra como se hizo la toma de información en campo (aforos manuales en intersecciones) y la recolección de información secundaria (planes semaforicos y

estaciones maestras), en el Capítulo 10 se realizó el procesamiento de la información primaria tomada en campo, relacionada con la obtención de la hora de máxima demanda HMD y su volumen vehicular; de esta forma, evaluar teóricamente los niveles de servicio del corredor vial en estudio a través de la metodología propuesta en el HCM 2010. En el Capítulo 11 se presenta la modelación y el análisis del escenario actual y las alternativas planteadas para mitigar la congestión, la primera, relacionada con la operación de la red con una infraestructura vial en excelente estado, la segunda contempla un funcionamiento bajo la modificación de los planes semafóricos, orientado hacia la optimización del flujo vehicular sobre la Avenida La Esperanza y una alternativa más que consiste en la construcción de un puente vehicular sobre la Avenida Ciudad de Cali y unos carriles de aceleración y desaceleración en la Carrera 97. Es importante aclarar que para el análisis de la red se empleó el software computacional Ptv Vissim (Planung Transport Verkehr), utilizado para simular las condiciones físicas y operativas de la red en su área de influencia. Por último, el Capítulo 12 presenta las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Realizar un estudio de tránsito sobre el corredor vial de la Avenida La Esperanza entre la Avenida Carrera 97 y La Avenida Ciudad de Cali, con el fin de plantear estrategias que contribuyan al mejoramiento de la operación vial, modelando mediante el software Ptv Vissim las condiciones del flujo vehicular actual, y la valoración de diferentes escenarios de modelación, donde se implementen alternativas que ayuden a mitigar la congestión vehicular que se presenta en este punto de la localidad de Fontibón en la ciudad de Bogotá D.C.

2.2 Objetivos específicos

1. Realizar la toma de información primaria y la recolección de información secundaria relacionada con el proyecto de grado.
2. Mediante un conteo manual de vehículos, realizar el diagnóstico del flujo vehicular motorizado que transita sobre los corredores viales objeto de estudio, a través de la evaluación y el análisis de variables e indicadores que identifican el tráfico de la zona.
3. Realizar un estudio de velocidades en el segmento vial de estudio.

4. Modelar y analizar en el software Ptv Vissim las condiciones del flujo vehicular actual y la modelación de los escenarios habiendo implementado estrategias que mejoren las condiciones de operatividad de los corredores viales objeto de estudio.

5. Plantear alternativas que ayuden a mitigar la congestión vehicular que se presenta sobre la Avenida La Esperanza.

3 Formulación del problema

El crecimiento demográfico de una ciudad como Bogotá, el uso intensivo del automóvil, la falta planeación e infraestructura vial, ha provocado un problema serio en materia de movilidad, pues hay una necesidad constante de desplazarse hacia los principales polos atractores y generadores de viajes en la capital, tales como trabajos, colegios, universidades, centros comerciales, etc. Básicamente, los recorridos habituales de las personas cada vez toman mayor tiempo, lo que afecta directamente su calidad de vida al haber una repercusión económica, social y ambiental.

Existen varios factores que influyen o afectan el flujo vehicular, entre ellos podemos mencionar: las características geométricas de la vía (ancho, pendiente, curvatura), tipo de superficie (trocha, afirmado, tratamiento superficial, carpeta asfáltica), deterioros en la vía (baches, hundimientos, ahuellamientos, etc.) y la señalización o dispositivos de control de tránsito tales como semáforos y señales restrictivas. (Montoya, 2005, p.7)

El corredor vial de la Avenida La Esperanza entre la Carrera 97 y la Carrera 86, en la localidad de Fontibón, resulta ser uno de los tramos críticos del sector de Modelia, por donde circulan altos volúmenes vehiculares, producto de la demanda local generada por el crecimiento del suelo lateral a la vía, dando pie al desarrollo de proyectos residenciales, industriales, empresariales entre otros. Es importante mencionar que, Fontibón resulta ser el principal eje articulador del desarrollo industrial dada la presencia de una importante zona industrial, la zona franca y su ubicación estratégica al ser la conexión del distrito con los municipios de Mosquera,

Funza, Madrid y Facatativá, lo que hace de la Avenida La Esperanza, un corredor de gran atracción vial. A continuación, se presenta la Figura 1, relacionada al tráfico del día típico en la mañana, donde se muestra claramente las grandes colas que se generan sobre los accesos de las intersecciones viales objeto del presente proyecto.

Figura 1. Tráfico en la red vial de estudio.



Figura 1. Elaboración propia, tomadas en campo por el autor.

Si nos remitimos a la herramienta Google traffic se puede corroborar las condiciones en las que opera cualquier corredor vial en un instante determinado del día típico o atípico, donde se asocian los colores verde, naranja y rojo con el tráfico fluido, estable y lento respectivamente. En la Figura 2 se presenta el tráfico de los días lunes, martes y jueves en horas de la mañana, donde se evidencia un tráfico lento y forzado sobre la Avenida Ciudad de Cali, la Transversal 94 hacia el costado sur, la Carrera 97 hacia el costado norte y sobre la Avenida La Esperanza, especialmente en sentido occidente – oriente.

Figura 2. Trafico de los días típicos en la mañana.

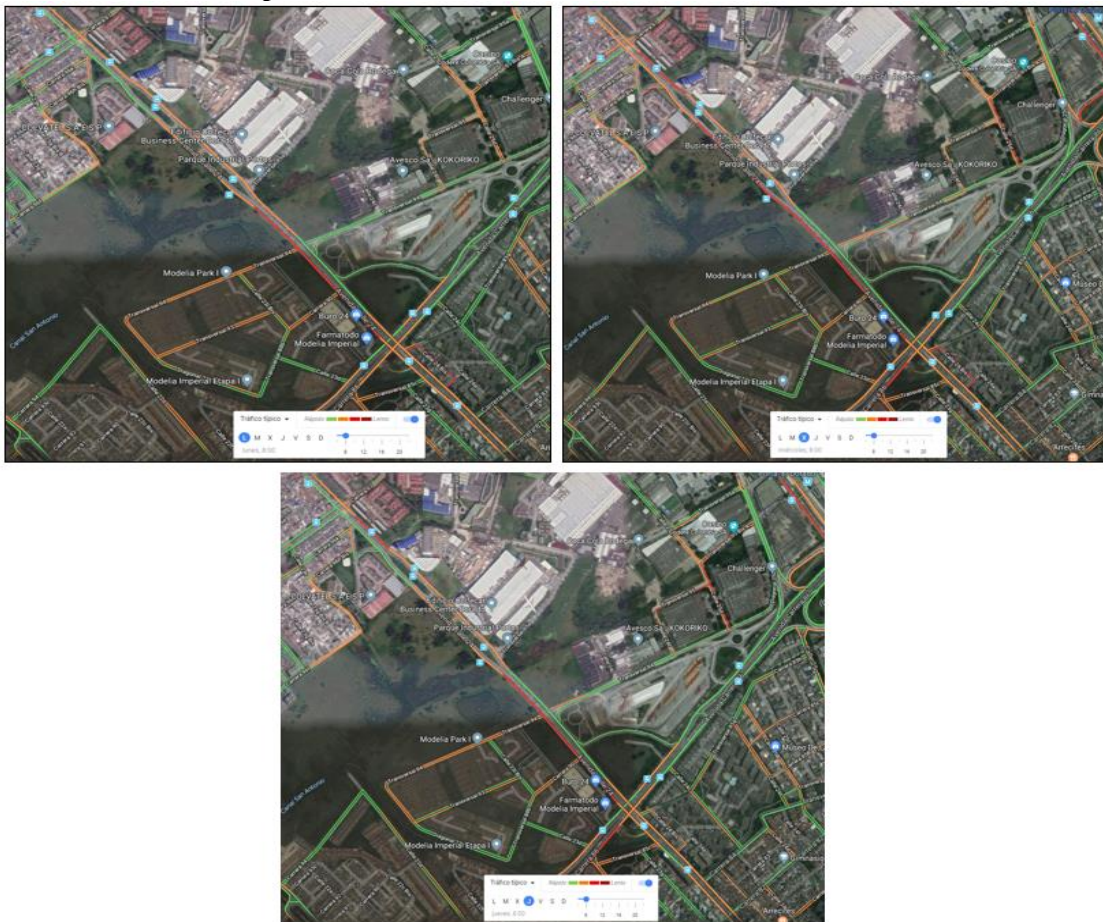


Figura 2. Tomado de Google traffic.

Por otra parte, es importante mencionar que el congestionamiento que se presenta sobre el corredor de la Avenida la Esperanza, no solo se debe al crecimiento del suelo lateral y la atracción vial que genera, a ello se suman factores importantes que contribuyen a dicha problemática, deficiencias de diseño y geometría, comportamientos inadecuados por parte de los actores viales motorizados y no motorizados, el estado de las vías, entre otras. Por tanto, teniendo en cuenta el número de variables que se encuentran implícitas dentro de la operación vehicular en la ciudad, es necesario buscar alternativas que contribuyan a mejorar la movilidad de los corredores principales de la capital, como es el objeto de la presente investigación. Además, estudios de tránsito, como el efectuado sobre el desnivel de la intersección de la Carrera 8 entre el par vial de la Calle 25 y 26 de la Ciudad de Santiago de Cali, demuestran la efectividad de este tipo de estudios, al arrojar resultados positivos en cuanto al mejoramiento de las condiciones de operación de los corredores viales estudiados (aumento en la velocidad de operación deseada por el usuario, reducción de los tiempos de viaje, costos de operación, emisiones, etc.).

A continuación, en el Cuadro 1, se presentan las características principales de las intersecciones que hacen parte de la red vial a estudiar, movimientos vehiculares, número de carriles, sentidos viales, tipo de estructura y ancho de calzada. Los movimientos vehiculares se relacionan a la nomenclatura alemana de movimientos vehiculares RILSA, como se presenta en la Figura 4.

Cuadro 1. Características de las intersecciones de la red vial a evaluar.

Intersecciones principales - semaforizadas		Movimientos vehiculares	No. Carriles	Sentidos viales	Tipo de estructura	Ancho de calzada (m)
Av. Calle 24 x Av. Carrera 86	Av. Calle 24 sentido W - E	3 - 9(3)	2	Unidireccional	Flexible	7,69
	Av. Calle 24 sentido E -W	4 - 9(4)	2		Flexible	7,77
	Av. Carrera 86 sentido S - N	2 - 9(2)	3	Unidireccional	Flexible	13,54
	Av. Carrera 86 sentido N - S	1 - 9(1)	3		Flexible	10,96
Av. Calle 24 x Av. Carrera 97	Av. Calle 24 sentido W - E	3 - 9(3)	2	Unidireccional	Flexible	7,40
	Av. Calle 24 sentido E -W	4 - 9(4) - 8	2		Flexible	7,56
	Av. Carrera 97 sentido S - N	2 - 9(2)	2	Unidireccional	Flexible	7,56 - 3,50
	Av. Carrera 97 sentido N - S	1 - 9(1)	1		Flexible	6,50 - 7,71
Av. Calle 24 x Transversal 95A	Av. Calle 24 sentido W - E	3	2	Unidireccional	Flexible	8,09
	Av. Calle 24 sentido E -W	4	2		Flexible	7,64
	Transversal 95A sentido S - N	9(4)	1	Unidireccional	Flexible	5,22
	Transversal 95A sentido N - S	9(1)	1		Flexible	5,22

Intersecciones secundarias - sin presencia de semaforos		Movimientos vehiculares	No. Carriles	Sentidos viales	Tipo de estructura	Ancho de calzada (m)
Av. Calle 24 x Transversal 94	Av. Calle 24 sentido W - E	3 - 9(3)	2	Unidireccional	Flexible	7,78
	Av. Calle 24 sentido E -W	4 - 9(4)	2		Flexible	8,49
	C.N - Transversal 94 sentido S - N	9(4)	1	Bidireccional	Flexible	8,00
	C.N - Transversal 94 sentido N - S	9(1)	2		Flexible	4,49
	C.S - Transversal 94 sentido S - N	9(2)	1	Bidireccional	Flexible	3,21
	C.S - Transversal 94 sentido N - S	9(3)	1		Flexible	3,21
Av. Calle 24 - giros izquierdos	Giro izquierdo desde Av. Calle 24 sentido W - E	10(3)	1	Unidireccional	Flexible	3,7
	Giro izquierdo desde Av. Calle 24 sentido E - W	10(4)	1	Unidireccional	Flexible	3,68
Av. Calle 24 x Carrera 96H	Diagonal 23K	3 - 4	2	Bidireccional	Flexible	8,6
	Carrera 96H	9(2) - 9(4)	1	Unidireccional	Flexible	9,24
	Carrera 96H Bis	1 - 2 - 9(3) - 9(4)	2	Bidireccional	Flexible	5,8
Av. Calle 24 x Carrera 96K	Av. Calle 24 sentido W - E	3 - 9(3)	2	Unidireccional	Flexible	7,6
	Av. Calle 24 sentido E -W	4	2		Flexible	7,59
	Carrera 96K	1 - 2 - 9(3) - 9(2)	2	Bidireccional	Flexible	6,83

Nota. Elaboración propia.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en dos etapas, la primera, mediante la toma de información en campo, basada en conteos manuales o aforos direccionales durante un total de 12 horas continuas en periodos de 15 minutos, discriminando por tipología vehicular (autos, motos, buses y camiones), conforme a lo estipulado por la Secretaria Distrital de Movilidad para la toma

de información primaria (Concepto 16). Los volúmenes vehiculares fueron registrados en formatos específicos que relacionan la siguiente información:

- ❖ Nombre del aforador y teléfono: Datos del personal, pues durante la toma de información se pueden presentar inconvenientes.
- ❖ Fecha de la toma de información en campo: El Concepto 16 establece que los aforos se deben efectuar en días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves), lo cual se relaciona con el horario laboral de las personas en la zona, ya que usualmente, en las oficinas no se labora los fines de semana, y no hay jornada académica en los Colegios, por tal motivo se espera que el tránsito vehicular sea mayor en el día típico.
- ❖ Ubicación de los puntos de aforo: A partir de la dinámica de la red, evaluar puntos estratégicos para la toma de información primaria.
- ❖ Clima: Representa un factor importante al momento de realizar los aforos, pues el flujo vehicular, su magnitud y continuidad en la red dependen en parte, del estado del clima en la ciudad, lo cual está asociado principalmente a la pérdida de visibilidad del usuario.
- ❖ Movimientos vehiculares aforados: A partir de la codificación de movimientos vehiculares RILSA, se evaluarán los volúmenes direccionales que circulan sobre la red a evaluar (ver Figura 4).

Figura 4. Nomenclatura de movimientos vehiculares RILSA

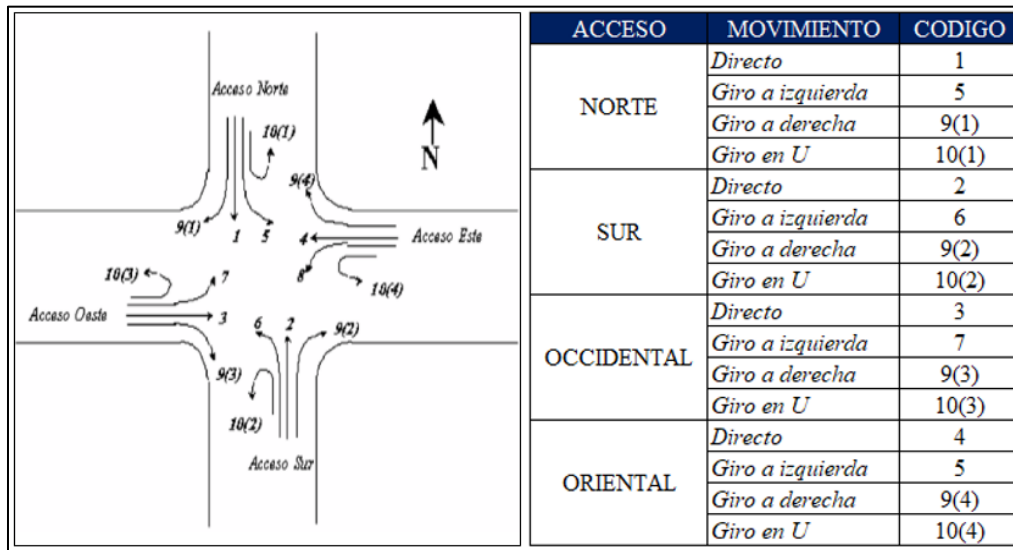


Figura 4. Alaix, V. G. (2007). Guía de ingeniería de tránsito . Medellín.

- ❖ Periodos de cada 15 minutos: Teniendo en cuenta la variación del flujo vehicular horario durante el día, se registrarán los volúmenes vehiculares en periodos de cada 15 minutos durante 12 horas continuas.
- ❖ Tipología de vehículos: La caracterización del tránsito motorizado según su tipología, autos, motos, colectivos, buses y busetas de transporte público – TPC y escolares, camiones tipo C2P, C2G, C3 – C4, C5 y >C5.

A partir de la toma de información en campo, se procedió a la segunda etapa, el procesamiento de la información y modelación en software Ptv Vissim, orientado hacia la obtención de indicadores (colas y demoras), los cuales permitieron determinar la calidad del flujo vehicular que opera actualmente sobre la red vial objeto de estudio. Así, se plantearon las 3 alternativas que atenúan este problema.

5 Justificación

Se propuso el estudio de tránsito sobre el corredor vial de la Avenida Calle 24 entre la Carrera 97 y Carrera 86, ya que la congestión en este punto de la ciudad ha perjudicado la calidad de vida tanto de los residentes del sector, como de quienes utilizan las vías en su área de influencia, tal como se presenta en la Figura 5; esta problemática vehicular trae consecuencias sociales, económicas y ambientales que requieren estrategias que contribuyan en la mitigación de esta problemática.

Figura 5. Área de influencia del proyecto.

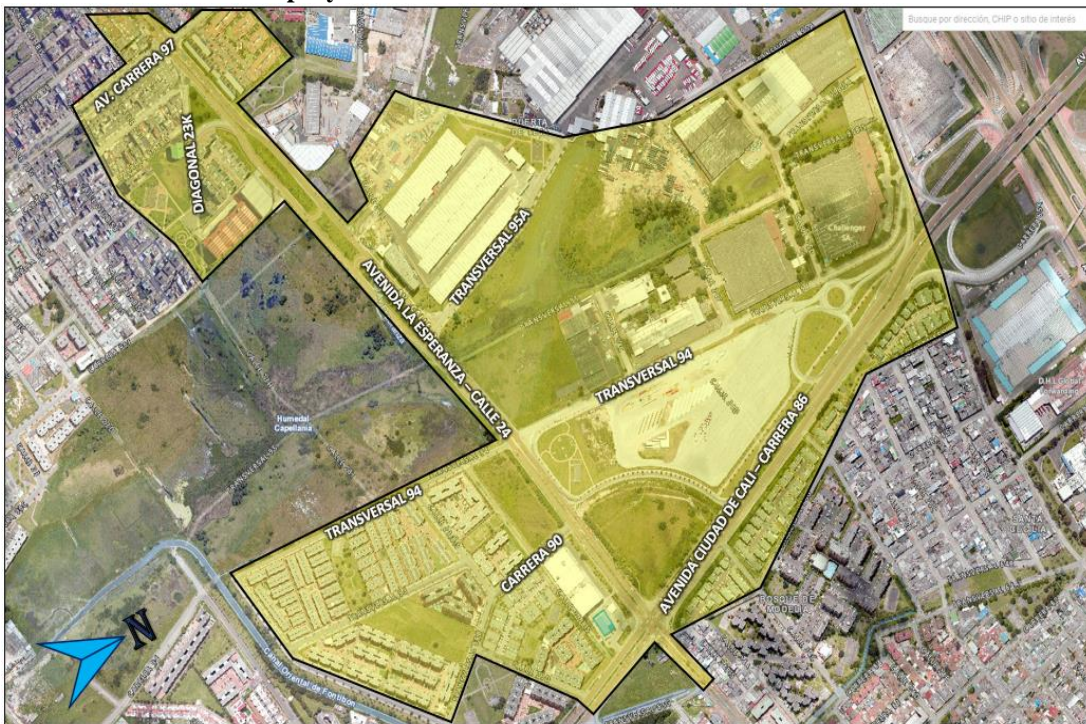


Figura 5. Adaptado de Mapas Bogotá.

Bull (2003) afirma. “Los efectos perjudiciales de la congestión caen sobre todos los habitantes de las urbes, en términos de deterioro de su calidad de vida en distintos aspectos, como mayor

contaminación acústica y atmosférica, impacto negativo sobre la salud mental, y otros. Por lo tanto, de una forma u otra, nadie queda inmune a sus consecuencias.” (p.40). La sociedad no percibe los efectos negativos que trae la congestión vehicular en la salud y en el ambiente, las emisiones de dióxido de carbono - CO₂ han aumentado considerablemente en los últimos años, producto de la alta edad parque automotor, principalmente en buses, camiones y camperos, donde aproximadamente un nueve por ciento de la población vehicular tiene más de 40 años y un tercio registra más de 20 años de edad (Automores, 2017). Es importante precisar que las consecuencias recaen especialmente en los peatones y biciusuarios que transitan habitualmente en la zona de influencia. Económicamente, el costo de operación de los vehículos motorizados tiene un impacto significativo, principalmente por gastos de infraestructura que debe asumir el estado, asociado a las labores de rehabilitación y mantenimiento de malla vial urbana, “La operación de los vehículos que circulan en las vías de ciudades de más de 100 000 habitantes consume alrededor de 3.5% del PIB de América Latina y el Caribe, sin considerar los viajes opcionales, como los de fines de semana.” (Bull, 2003, p.39), por otra parte, la demanda de usuarios supone mayor oferta de buses, busetas y colectivos, lo cual implica un alza en la tarifa debido a gastos operativos y de infraestructura, “La congestión demora no solamente a los ocupantes de los buses, sino también a los propios buses, por lo que para proveer la misma capacidad de transporte se requieren más unidades con sus respectivos conductores, trayendo como consecuencia tarifas más elevadas” (Bull, 2003, p.42).

Como se presenta en la Figura 6, según la Secretaría Distrital de Planeación, Fontibón cuenta con 424.038 habitantes distribuidos en 33.28 km², la mayor parte, niños y jóvenes menores a 19 años. Los indicadores urbanos muestran un total de 131.436 predios residenciales, 3.053 Ha de

suelo urbano, 354 Ha de suelo de protección y 275 Ha de suelo de expansión urbana. Por ultimo, 151 Ha de parques de diferentes escalas, la mayoría parques vecinales.

Figura 6. Indicadores demograficos y urbanos de la localidad de Fontibón.

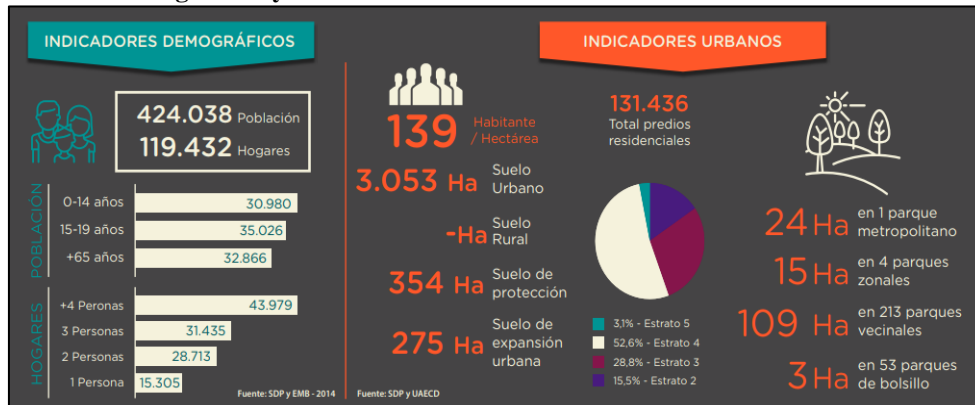


Figura 6. Secretaria Distrital de Planeación. Revisión general Plan de Ordenamiento Territorial – Diagnostico Fontibón, Bogotá D.C., 2018.

Teniendo en cuenta el indicador mostrado en la Figura 6, respecto al número de habitantes por hectárea, y que el área a estudiar correspondiente a 861.592 m², se puede deducir que aproximadamente 11.954 habitantes se verán beneficiadas por la ejecución de este proyecto, ya que la mayor parte de las personas se movilizan en el transporte público TPC, SITP, Automóviles, Motos, Taxis y Alimentadores, que son actores importantes dentro de la dinámica vial, pues representan un 60% de los modos de transporte más utilizados, tal como se presenta en la Figura 7.

Figura 7. Indicadores de viajes y modos de transporte en la localidad de Fontibón.

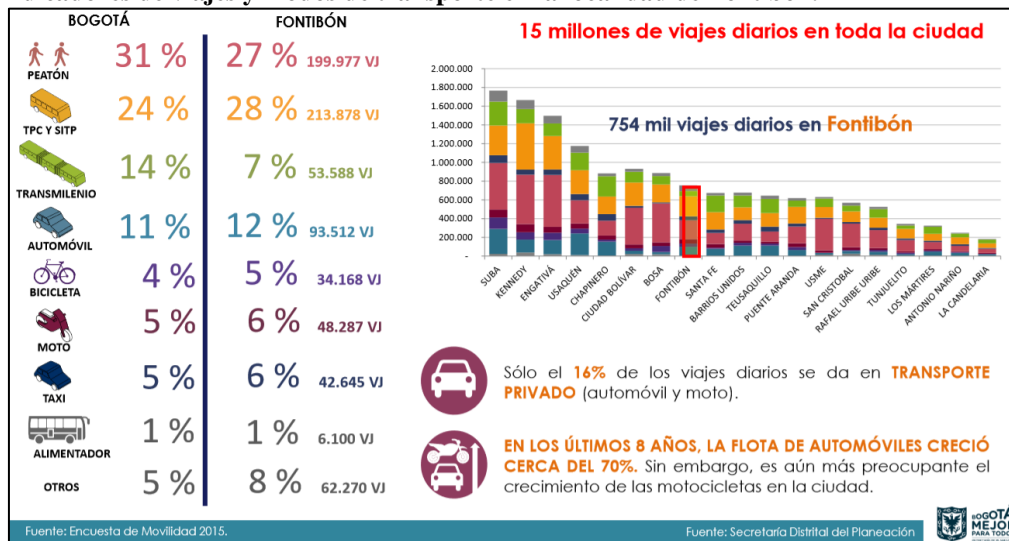


Figura 7. Secretaria Distrital de Planeación. Revisión general Plan de Ordenamiento Territorial – Diagnostico Fontibón, Bogotá D.C., 2018.

Si bien el proyecto no tiene como alcance evaluar las variables ambientales, sociales y económicas, las medidas de mitigación muy seguramente, conllevaran a que estas variables tengan mejores indicadores, mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos, y en especial, la población que habita en el área de influencia del proyecto. Además, estos proyectos son de gran importancia para las entidades competentes en los temas de movilidad en la ciudad, ya que pueden conllevar a la toma de decisiones de proyectos futuros.

Es importante mencionar que, el congestionamiento que se presenta sobre el corredor de la Avenida la Esperanza entre la Carrera 97 y la Carrera 86, se debe principalmente al crecimiento del suelo lateral a las vías, hacia la construcción de centros comerciales, industrias, empresas y viviendas de uso residencial, lo que trae por consecuencia, la concentración de gran cantidad de polos atractores y generadores de viajes en el sector. A esto se suman factores importantes que afectan aún más la operación vehicular, comportamientos inadecuados por parte de los diferentes

actores viales, falencias en su diseño geométrico, el estado de su infraestructura, mala sincronización de las fases semafóricas, falta de señalización vertical y horizontal, entre otras.

Este proyecto es de gran necesidad, ya que una gran cantidad de personas de la localidad de Fontibón se verían beneficiadas al permitir una conexión mas rapida entre barrios del sector, zonas residenciales, comerciales, empresariales e institucionales; mejorando así la calidad de vida de quienes hacen uso habitual de estas vías, sin dejar de dar prelación al tránsito no motorizado. Por tanto, el estudio de tránsito propuesto permitira evaluar la dinamica de la red vial actual y la valoración de alternativas que ayuden a mitigar el problema, la congestión vehicular.

6 Marco referencial

6.1 Marco científico

El presente proyecto de grado – Estudio de tránsito para mejorar la movilidad sobre el corredor vial de la Avenida La Esperanza entre la Carrera 97 y Carrera 86 de la Ciudad de Bogotá D.C., es un proyecto que nace en el uso frecuente del transporte público en mi desplazamiento habitual y en la observación de los conflictos que se presentan en materia de movilidad sobre los corredores viales objeto de estudio; además, el crecimiento de la capital y la disposición de la infraestructura vial respecto a sus condiciones físicas y operativas alimentan la congestión vehicular.

Para el desarrollo del estudio de tránsito sobre el corredor de la Avenida La Esperanza, es necesario contar una metodología investigativa cuyo propósito sea garantizar una buena ejecución del proyecto, de manera tal que se dividió en 6 pasos:

1. Definición del problema: El problema básicamente es la congestión que se presenta sobre el corredor vial de la Avenida La Esperanza entre la Carrera 97 y La Avenida Ciudad de Cali, pues se presentan grandes colas y demoras que afectan la calidad de vida de los habitantes que residen en su área de influencia.
2. Recolección de información: Para desarrollar el proyecto de grado es necesario contar con la bibliografía suficiente relacionada con el tema de estudio, como libros, artículos,

revistas, etc.; por otra parte, la secretaria de movilidad del distrito es la encargada de suministrar toda la información en materia de ordenamiento vial del sector.

3. Planteamiento de la metodología: A partir de la información primaria y secundaria, se programarán una serie de aforos basados en la metodología del conteo manual en intersecciones.
4. Experimentación: Este paso consiste en la realización de los conteos manuales en cada una de las intersecciones que comprende el presente estudio, y a partir de esta información, procesarla y analizarla en el software Ptv Vissim.
5. Análisis e interpretación de resultados: A partir de la interpretación de los resultados arrojados por el software, se plantean las estrategias que mitigaran la problemática para ser evaluadas una a una.
6. Conclusión: Una vez evaluadas las diferentes alternativas de mitigación, se propondrá la medida más eficiente contra la congestión vehicular que se presenta sobre el corredor de la Avenida La Esperanza, de esta forma, el alcance del estudio será un producto observable y cuantificable.

6.2 Marco teórico

La ingeniería de tránsito es una rama de la ingeniería civil que busca entender la forma en que funciona el tránsito en las vías urbanas y rurales, así como las variables de las que depende. Esta rama de la ingeniería se centra en tres pilares básicos: planificación, diseño y operación vehicular, los cuales tienen su origen en *la teoría del flujo vehicular*.

La teoría del flujo vehicular se basa en la aplicación de leyes de la física y las matemáticas, las cuales permiten el análisis del tránsito motorizado, en donde se plantean modelos en los cuales circule un número determinado de vehículos por un segmento vial a fin de evaluar la capacidad y los niveles de servicio con los que opera la vía. Para esto, es necesario complementar el modelo con variables que permitan un análisis más detallado del tránsito, como el flujo vehicular, la velocidad y la densidad. Rafael Cal y Mayor y James Cárdenas en su libro “Ingeniería de tránsito – Fundamentos y aplicaciones”, presentan las variables relacionadas con el flujo vehicular, con la velocidad y la densidad, que se presentan a continuación:

VARIABLES RELACIONADAS CON EL FLUJO VEHICULAR: las variables que se relacionan con el flujo son la tasa de flujo (frecuencia con la que pasan los vehículos en un tiempo determinado), el volumen (frecuencia con la que pasan los vehículos en una hora), el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre varios vehículos.

VARIABLES RELACIONADAS CON LA VELOCIDAD: Las variables relacionadas con la velocidad son la velocidad instantánea (velocidad en un punto determinado de su trayectoria), la velocidad media

temporal (velocidad media de todos los vehículos que circulan durante un periodo de tiempo dado), la velocidad media espacial (velocidad media de todos los vehículos que circulan a través de un segmento vial), la velocidad de recorrido (velocidad del vehículo que recorre la distancia origen – destino durante el tiempo en que se recorrió), la velocidad de marcha (velocidad de un vehículo que recorre una distancia determinada durante el tiempo en el cual el vehículo estuvo en movimiento), la distancia de recorrido y el tiempo de recorrido.

Variables relacionadas con la densidad: Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración (número de vehículos que ocupan una longitud determinada), el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos.

Es importante precisar que a partir de las variables mencionadas anteriormente, se puede establecer una relación entre el flujo, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento.

6.3 Marco conceptual

El marco conceptual involucra de manera general, los conceptos básicos que se manejarán durante el desarrollo del proyecto de grado, como se presenta a continuación:

Tránsito: El tránsito se puede definir como el paso bien sea de vehículos o de peatones por un lugar determinado.

Transporte: Es entendida como el desplazamiento de personas, animales u objetos desde un punto a otro (destino), a través de una infraestructura vial diseñada para tal propósito.

Vehículo motorizado: Es cualquier tipo de vehículo que funciona mediante un sistema a motor (moto, auto, bus, camión, etc.)

Vehículo no motorizado: Es cualquier tipo de vehículo que no requiere de un motor para transitar (bicicletas, bici-taxis, peatones, etc.)

Intersección vial: Se define como el cruce en donde confluyen dos o más segmentos viales, de las cuales se depende una clasificación que depende no solo de la cantidad de accesos vehiculares, sino también de si es a nivel o desnivel.

Semáforo: Es un dispositivo de señalización lumínica el cual regula el tránsito vehicular y peatonal de una intersección vial que maneja flujos vehiculares considerables, el semáforo cuenta con tres fases (roja, amarilla y verde.)

Plan semafórico: El tránsito vehicular y peatonal a lo largo de día varia bastante dependiendo de la hora en que se evalué, por tanto, los semáforos se programan con diferentes ciclos que regulan el tránsito a diferentes horas del día y de la semana.

Señalización vertical: Según el manual de señalización vertical, se define como placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacente a ella, que mediante símbolos

cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar el uso de las vías, así como de brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

Señalización horizontal: Según el manual de señalización horizontal, se define como corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

Demarcación: La demarcación hace parte de la señalización horizontal mencionada anteriormente, consiste en líneas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento con el fin de regular, canalizar el tránsito o advertir al conductor sobre la presencia de obstáculos en la vía.

Paradero: Es una estructura metálica o en madera cuyo propósito es indicar al usuario de transporte público sobre la presencia de diferentes rutas que pasan por el lugar y que hacen parada para recoger gente.

Infraestructura vial: Hace referencia al conjunto de componentes físicos que interrelacionan entre sí bajo cumplimiento de ciertas especificaciones técnicas de diseño para la construcción de vías que ofrezcan condiciones cómodas y seguras para la circulación de los usuarios que hacen uso de ella.

Nomenclatura RILSA de movimientos vehiculares: Esta norma consiste en distinción entre los diferentes movimientos vehiculares de una intersección respecto al norte, mediante una numeración determinada, como se indica en la figura 0-1.

Malla vial arterial principal: Son las vías de mayor jerarquía, las cuales actúan de soporte de la movilidad y accesibilidad metropolitana y regional, se clasifican en V-0 y V1.

Malla vial arterial complementaria: Son las vías que articulan operacionalmente la malla vial arterial principal, lo cual facilita la movilidad de mediana y larga distancia como articulación a escala urbana, se clasifica en V-2 y V-3.

Malla vial intermedia: Son los tramos viales que conectan la malla arterial principal y complementaria, y sirven como alternativa de circulación. Permiten el acceso y fluidez de la ciudad a escala zonal, se clasifica en V-4, V-5 y V-6.

Malla vial local: Son los tramos viales que permiten el acceso a las viviendas, se clasifica en V-7, V-8 y V-9.

Ptv Vissim: es un software utilizado para simular las condiciones físicas y operativas de una red de transporte determinada.

Composición vehicular: Es el porcentaje de vehículos discriminados por tipología respecto al total aforado.

Histograma: En tránsito, representa la cantidad de vehículos discriminados por tipología que circulan por un segmento vial durante un periodo de tiempo determinado; sirven para identificar las horas de máxima demanda.

Diagrama de cargas vehiculares: Es un esquema donde se representa el número de vehículos por movimiento que circulan por determinada intersección vial.

Aforo: Teniendo en cuenta el propósito del aforo, y a partir de un formato previamente estructurado, se toma la información correspondiente, bien sea un conteo manual en intersecciones, en tramos viales, tiempo de recorrido y demoras, etc.

Demora: Es el tiempo que le toma a un vehículo recorrer una distancia determinada, desde un punto A hasta un punto B.

Cola: En tránsito, se define como la distancia que hay entre el primer y último vehículo de determinado segmento vial, por lo general se mide en intersecciones semafóricas donde las colas son más grandes.

6.4 Marco tecnológico

Para realizar el proyecto de grado propuesto es necesario apoyarse en herramientas tecnológicas que faciliten la disposición de la información para su análisis y debida presentación, *Microsoft Excel* es una aplicación de hojas de cálculo en donde se programan los datos de

entrada con el fin de procesarlos y obtener resultados numéricos o representados gráficamente. En el estudio de tránsito se procesarán los aforos que se llevaran a cabo en las intersecciones principales y secundarias, de esta manera, obtener los volúmenes vehiculares que circulan sobre la hora de máxima demanda discriminados por tipología. Se requiere de un software especializado en tránsito en donde se pueda representar la red a modelar con todas las características que la caracterizan.

Para conocer el comportamiento futuro de la demanda de transporte, se utilizan modelos matemáticos, capaces de representar en la mejor forma posible lo que ocurre con el tránsito de personas, mercancías y vehículos en la región, con el objeto de determinar los efectos de los cambios que se introduzcan en las redes de transporte, tanto por el crecimiento natural, como por los cambios inducidos por la aplicación de diferentes estrategias y políticas (Garcia, 1991, p.30).

Ptv Vissim es un software utilizado para simular las condiciones físicas y operativas de una red de transporte determinada. La modelación consiste en representar las características físicas respecto al número de carriles, dimensiones, sentidos viales, ubicación de paraderos, programación de planes semafóricos, demarcaciones viales y las condiciones de infraestructura; mientras que las características operativas consisten en asignar velocidades según la composición vehicular, áreas de conflicto, reducciones de velocidad y el comportamiento de los conductores al manejar. Con los resultados obtenidos en el software se realizará el análisis a detalle de las problemáticas del tránsito actual que circula sobre el área de estudio; consecuentemente, se planteará un modelo proyectado habiendo implementado estrategias que mitiguen el conflicto.

AutoCad es un software de diseño para el dibujo 2D y modelado 3D; dentro del alcance del proyecto se realizarán los planos correspondientes a la localización de la red vial con sus respectivos detalles, y un diagrama de cargas vehiculares actual y proyectada. Por último, para la realización y presentación del documento se utilizará la herramienta *Microsoft Word*.

6.5 Marco metodológico

Un estudio de tránsito está orientado a analizar y resolver problemas de movilidad bien sea en el área rural o urbana del país; es importante tener en cuenta que un estudio de tránsito puede tener diferentes propósitos, por tanto, las metodologías varían, ya que se pueden realizar conteos manuales en intersecciones o tramos viales, estudios de origen y destino, estudios de tiempo de recorrido y demoras o una evaluación económica de carreteras. A continuación, se presenta la descripción general de dichas metodologías:

Conteo manual de tránsito en intersecciones: El conteo manual en intersecciones es una forma de caracterizar el tránsito vehicular según su composición, la carga o volumen general (total) y específico (autos, buses, camiones, etc.), y el movimiento que realiza el vehículo según la normativa RILSA, el cual debe hacerse en días representativos del tránsito típico (entre semana) y atípico (fin de semana o feriados). El conteo manual tiene como objeto determinar los tipos de vehículos o personas que circulan por una infraestructura vial determinada, además de conocer los tipos de maniobras y el volumen que circula en cada una de ellas a lo largo del tiempo, de esta forma, conocer la capacidad y los niveles de servicio que se experimentan en cada corredor vial.

Para llevar a cabo el conteo manual en intersecciones es necesario diseñar un formato en el cual se pueda registrar los datos observados en campo, teniendo en cuenta que se lleva a cabo en periodos de quince (15) minutos, evaluando la totalidad de movimientos que se presenten en la intersección y discriminando los vehículos según su tipología.

Conteo manual de tránsito entre intersecciones (En tramos viales): El conteo manual en tramos viales es muy similar al conteo manual en intersecciones, pues el objeto del estudio es el mismo, solo que se limita al aforo de un segmento vial; sin embargo, con el conteo manual en tramos viales se puede determinar dónde colocar detectores vehiculares y peatonales, de igual forma, se puede definir la ubicación de estaciones maestras para la medición de volúmenes.

Estudios de origen y destino: Los estudios de origen y destino buscan caracterizar el tránsito por completo, bien sea en zonas urbanas o rurales, ya que la idea es analizar la demanda y distribución de los viajes vehiculares entre los diferentes pares origen – destino, pues este es el punto de partida para la formulación de modelos analíticos de transporte que permitan conocer la estimación de la demanda vehicular futura, la composición y sus causas; de igual forma, también se podrá evaluar la construcción de vías alternas, variantes o glorietas, que permitan una conexión más rápida dentro del área de influencia del estudio.

Existen diferentes métodos para llevar a cabo un estudio origen – destino, teniendo claro que dependerá de los objetivos del mismo, entre estos se encuentra:

- ❖ ***Encuestas a conductores de vehículos:*** Se detiene a los conductores de vehículos para ser encuestados, es importante la elección del punto donde se hará y el tipo de encuesta. Una variación de este estudio es la de entrevistar a conductores de vehículos estacionados.
- ❖ ***Placas de vehículos en movimiento:*** El método consiste en ubicar observadores en diferentes puntos o estaciones de la zona objeto de estudio, los observadores anotaran los tres últimos dígitos de las placas del vehículo en cada estación por periodos cortos de tiempo (alrededor de 1 minuto), de manera que al hacer el seguimiento del número de placa en cada estación se puede determinar el recorrido realizado. Una variación de este estudio es el anotar las placas a vehículos estacionados.
- ❖ ***Encuesta domiciliaria:*** Consiste en seleccionar una muestra representativa de las residencias del área a estudiar, con el fin de obtener información sobre todos los viajes que realizan hacia sus diferentes destinos.
- ❖ ***Estudio integral de origen y destino:*** Este estudio proporciona información muy completa respecto a los viajes realizados por los residentes del área metropolitana en todos los modos de transporte y todos los propósitos de viaje, el cual consta de un análisis interno y externo del área de influencia.

Estudios de tiempos de recorrido y demoras: Este estudio consiste en determinar la cantidad de tiempo que le toma a un vehículo en llegar desde un punto a otro. Con estos estudios se pretende conocer la velocidad promedio de los vehículos que circulan a lo largo de un recorrido específico y las causas de la variación de la misma, así, evaluar las condiciones de operación del tránsito para corregirlas con el fin de mejorar los niveles de servicio de uno o varios segmentos

viales. Es importante planificar los recorridos para que representen las condiciones que se desean medir en la vía según los objetivos del estudio; el método del vehículo flotante requiere de una persona que conduzca y otra que registre los datos a lo largo del recorrido.

La información que se debe tomar en campo es la distancia recorrida desde el inicio del tramo o las velocidades que indica el velocímetro del vehículo, además, debe medirse el tiempo que dura cada demora asociada al lugar donde se experimentó.

Evaluación económica de carreteras: Un estudio de tránsito puede estar orientado a la evaluación económica para la construcción de carreteras, pueden presentar diferentes enfoques según el objeto del estudio, entre estos se encuentra, la valoración técnica del proyecto respecto al método constructivo a utilizar, una evaluación económica (precios económicos), financiera (precios del mercado), social y ambiental.

6.6 Marco histórico

Hoy en día se cuenta con la tecnología suficiente para el desarrollo de medios de transporte más eficientes y de mayor capacidad, los cuales han revolucionado significativamente la manera en que nos transportamos, pero no siempre fue así, antiguamente el transporte terrestre se limitaba caminar para llegar de un lugar a otro, más conocido como el hombre nómada. Más adelante se emplearon animales para el transporte no solo de personas sino de mercancías.

Hablar de la historia del transporte terrestre en el mundo implica aludir a la invención de la rueda como uno de los componentes fundamentales en diversas maquinas, por otra parte, sin este invento no hubiese sido posible el desarrollo de lo que hoy en día es el transporte moderno. Básicamente, la observación y la física empírica les permitieron a las poblaciones antiguas, principalmente a los sumerios y mesopotámicos, comprender la importancia y utilidad que había tras este objeto en sus diferentes usos. Poco a poco se dieron cuenta de que, al poner un objeto redondo en contacto con una superficie inclinada, rodaría, lo mismo pasaría si se pusiese un eje entre dos ruedas, o dos ejes simultáneamente; de esta forma surgió el primer vehículo primitivo, incluso se cree que fue la utilización de troncos de árbol para mover grandes cargas, fue lo que inspiró la invención de la rueda. Civilizaciones como los sumerios, mesopotámicos, egipcios, griegos, hindúes, chinos y romanos hicieron uso de la rueda, de hecho, cada civilización fue desarrollando artefactos cada vez más complejos a partir de este concepto, principalmente orientados al avance en el transporte, lo que conllevó al desarrollo de rutas o caminos que facilitarían la comunicación entre las comunidades cercanas entre sí, de hecho hay indicios de que los primeros caminos se construyeron entre Asia y Egipto, posteriormente las demás civilizaciones desarrollaron sus propias rutas de transporte, por ejemplo, se sabe que en el 500 A.C., los cartagineses construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo del sur del Mediterráneo, incluso los etruscos construyeron caminos antes de la fundación de Roma, entre los años 830-350 A.C., mientras que los primeros caminos construidos científicamente aparecen con el auge del imperio romano con rutas emblemáticas como la Vía Appia, la cual comunicaba a Roma con Hídruntum (Spindola & Grisales, 1994).

A parte de lo acontecido en Asia, siglos después las culturas antiguas de América (mayas, incas y aztecas) desarrollaron rutas de transporte destinadas principalmente al comercio entre poblaciones aledañas, es más, los aztecas en México construyeron terraplenes hasta de dos metros de elevación cubiertos con piedra caliza en su superficie, además de haber construido puentes levadizos por el paso de barcas que cruzaban de un lado a otro del río, extendiéndose desde la costa del Golfo de México hasta la zona costera del Pacífico.

Con el desarrollo de nuevas rutas de transporte, paralelamente también se dieron avances en la manera en que se transportaban las personas, en el siglo I, II y III el imperio romano construyó una ruta de comunicación entre la Península Ibérica hasta China, de esta forma se intensificó el comercio entre ambas civilizaciones; sin embargo, siglos más tarde la economía feudal, las guerras civiles y las invasiones contribuyeron a la extensión de nuevas rutas de transporte, pero fue en la Edad Media donde realmente se consolidó el comercio influido principalmente por los Vikingos del norte y los mercaderes de Venecia. Fue en el siglo XIV cuando la población europea se duplicó, pese a esto, el tránsito y el transporte tuvieron un declive importante producto de la invasión turca, la peste negra, además de que los caminos se volvieron muy inseguros. Entre los siglos XV y XVI reaparece el tránsito y el transporte con el surgir de los primeros mapas donde se plasmaban las rutas de transporte existentes, además, las personas se empezaron a movilizar en vehículos tirados por caballos, lo que llevó a la reconstrucción de los senderos antiguos, solo que esta vez, en la Era Moderna la monarquía autoritaria empezó a cobrar cuotas a quien transitara por estas rutas, lo que permitió la construcción de nuevos caminos y el mantenimiento de los mismos.

Más adelante, la industrialización de algunas regiones contribuyó al desarrollo de nuevos medios de transporte como el tren a vapor en el siglo XIX, de manera que las vías dejaron de usarse en gran medida. Londres en ese momento, era considerada una de las ciudades más pobladas del mundo, así que sus dirigentes idearon un sistema de transporte masivo que pudiera satisfacer dicha demanda. El metro resultó ser un medio de transporte bastante innovador y rentable en el sentido en que aumentó la productividad, el desarrollo de nuevas tecnologías y de la industria local. Ya a finales de siglo se dio la invención del automóvil de motor a gasolina, sin embargo, las condiciones de la infraestructura vial del momento no permitieron una buena acogida por parte de la sociedad, hubo que esperar al siglo siguiente cuando las vías fuesen reconstruidas y complementadas con nuevos trazados que conectaran la estructura vial existente con los sectores ya consolidados. Spindola & Grisales (1994) afirma:

Con la aparición del vehículo de motor y por la tendencia a su uso privado, se fueron incrementando los problemas de tránsito urbano, debido a que paralelamente surgieron los vehículos de transporte público, así, los sistemas de transporte férreo masivo, como transporte público, tuvieron sus orígenes en los tranvías, los cuales desarrollaron en la segunda mitad del siglo XIX.(p.6)

A principios del siglo XX, en el año 1905 se establecieron en Colombia los lineamientos y normas para la construcción de caminos y carreteras mediante la creación del Ministerio de Transporte, antes llamado Ministerio de Obras Públicas por el gobierno del General Rafael Reyes. A partir de la fundación del Ministerio de Obras Públicas, se fueron desarrollando sistemas de transporte de personas (transporte público y particular), carga y materias primas,

donde primo el uso de sistemas de transporte terrestres por encima de los sistemas marítimos y aéreos, pues hubo mayor apoyo del gobierno hacia el desarrollo de sistemas de transporte terrestres con la estructuración de redes ferroviarias y carreteras en el país. Actualmente la red vial nacional se compone de 167.000 kilómetros, de los cuales 25.000 se encuentran pavimentadas, lo cual representa un desarrollo importante no solo en materia de infraestructura vial sino también económicamente, pues por las vías del país se moviliza el 63% de carga, mientras que el 33% se moviliza por ferrocarril y el 3% por mar.

6.7 Normatividad aplicable

Ley 769 de 2002

En el territorio nacional de Colombia la ley 769 de 2002 es la norma que rige y regula el tránsito terrestre, en donde el gobierno establece los principios y consideraciones mínimas para la circulación peatonal, de vehículos motorizados y no motorizados sobre los senderos y vías dispuestas para ello. El estado con el fin de ejercer control sobre el tránsito a nivel nacional dispone del Ministerio de transporte, gobernaciones y alcaldías, consecuentemente están los organismos del tránsito de carácter departamental, municipal y distrital como la secretaria de movilidad, autoridades policiales, etc.

La ley está estructurada de lo general a lo específico mediante títulos primarios, capítulos, artículos y párrafos, los cuales contienen las especificaciones y requerimientos mínimos para la circulación motorizada y no motorizada en el país. El Título I contiene las disposiciones

generales de la norma respecto a los principios y definiciones básicas, por otra parte, el código hace mención de las entidades y autoridades a quienes les compete el área de tránsito y transporte y sus grados de responsabilidad dentro del marco estatal, como se menciona en el artículo No. 1:

Título I – Capítulo I - Artículo 1. Las normas del presente Código rigen en todo el territorio nacional y regulan la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito, y vehículos por las vías públicas o privadas que están abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos; así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito (Art 1, Ley 769, 2002).

El Título II – Régimen nacional de tránsito, explica al conductor el debido proceso en el trámite para circular por el territorio nacional en sus diferentes modos, particulares, de transporte público y vehículos de carga. Entre lo más importante, se encuentra lo consignado en el capítulo 3, donde hace mención de la normativa que rige la circulación de vehículos no motorizados como peatones y biciusuarios, y de vehículos motorizados respecto a la revisión tecno mecánica, dimensiones y pesajes, permisos de carga, equipos y prevención, etc.

Título II – Capítulo III - Artículo 27. Todos los vehículos que circulen por el territorio nacional deben someterse a las normas que sobre tránsito terrestre determine este Código. Estos deben cumplir con los requisitos generales y las condiciones mecánicas y técnicas que propendan a la seguridad, la higiene y comodidad dentro de los reglamentos correspondientes sobre peso y dimensiones (Art 27, Ley 769, 2002).

Por su parte, el Título III – Normas de comportamiento, como su nombre lo indica, hace mención de las reglas generales y de cultura ciudadana sobre la circulación peatonal y de vehículos motorizados en Colombia. Básicamente se trata de atender a las señales de tránsito, pues son de gran importancia en materia de seguridad vial; por otra parte, la ley contempla la circulación de vehículos motorizados y no motorizados (biciusuarios de tránsito compartido y segregado) por los carriles demarcados, dándole prioridad al peatón bajando la velocidad en cruces e intersecciones viales, zonas escolares y en condiciones de baja visibilidad. De igual forma aplica para el caso del tránsito del transporte público y peatonal por las aceras. Por último, el Título IV - Sanciones y procedimientos, informan al usuario sobre las diferentes causas o motivantes de sanción y el debido proceso ante la autoridad competente.

Decreto 596 de 2007

En este decreto se establecen mediante ocho (8) artículos, las pautas y exigencias mínimas para la realización y presentación de estudios de tránsito, estudios de demanda y atención a usuarios y proyectos urbanísticos en etapa de estudios y diseños en la Ciudad de Bogotá D.C.

En el Decreto 596 de 2007 se exponen las definiciones básicas de cada tipo de estudio, los ámbitos de aplicación, proyectos que requieren de estudio de tránsito, su alcance, obras de infraestructura vial en el entorno de los proyectos, así como los trámites ante las entidades correspondientes y responsabilidades entre las partes implicadas.

Decreto 190 de 2004 – Plan de Ordenamiento Territorial, artículo 187

Todo proyecto de equipamiento y de comercio de escala metropolitana y urbana, deberá estar sustentado en un estudio de tránsito que contenga los análisis rigurosos de la situación con y sin proyecto y de los impactos que genera sobre la movilidad circundante inmediata y de las zonas de influencia. El estudio de tránsito deberá ser aprobado por la Secretaria de Tránsito de Bogotá o la entidad Distrital que haga sus veces (Art 187, Decreto 190, 2004).

Este decreto plantea que, todo proyecto que se desee realizar en la Ciudad de Bogotá, deberá estar sustentado bajo un componente de movilidad, relacionado a un estudio de tránsito donde se determine el impacto que tendrá sobre el área de influencia.

7 Metodología

Teniendo en cuenta la descripción realizada en el numeral 6.5 del presente documento, se optó por emplear el conteo manual en intersecciones, pues la idea es registrar el volumen vehicular, su composición y las maniobras que realizan los conductores al circular por la Avenida La Esperanza en los diferentes puntos de aforo. A partir de esta información y su procesamiento en hojas de cálculo en Excel, se evaluaron las condiciones de operatividad de los corredores viales en su hora de máxima demanda HMD. Posteriormente, se modeló en el software Ptv Vissim las condiciones del flujo vehicular actual y de los escenarios de mitigación de la problemática. La metodología para desarrollar el proyecto de grado consistió en:

1. Localización y recorrido de la zona de estudio.
2. Toma de información primaria y recolección de información secundaria.
3. Aforos vehiculares a intersecciones principales.
4. Aforos vehiculares a intersecciones secundarias
5. Procesamiento y análisis de la información.
6. Estudio de velocidades (método del vehículo flotante).
7. Modelación en el software Ptv Vissim del escenario actual.
8. Modelación en el software Ptv Vissim del escenario proyectado.

- 1. Localización y recorrido de la zona de estudio:** Para llevar a cabo el estudio de tránsito propuesto, fue necesario realizar un recorrido por la zona de estudio, con el fin de conocer el estado de las vías respecto a las condiciones de su infraestructura, la cantidad de carriles

por sentido, su demarcación, señalización vertical, señalización horizontal y la ubicación tanto de paraderos SITP como de semáforos.

2. **Toma de información primaria y recolección de información secundaria.:** La toma de información primaria involucra la programación de aforos vehiculares, por una parte, las intersecciones principales fueron aforadas el día martes 13 de noviembre de 2018 entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m., y las intersecciones secundarias fueron aforadas el martes 20 de noviembre de 2018 entre las 5:45 a.m. y las 8:45 a.m. La recolección de información secundaria se basó en la búsqueda de las estaciones maestras más cercanas al área de estudio y de los planes semaforicos con los que opera la red, ambas suministrada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

3. **Aforos vehiculares a intersecciones principales:** El objeto del estudio de tránsito es conocer la cantidad de vehículos que circulan por las intersecciones, su composición vehicular y las maniobras que realizan con base a la nomenclatura de movimientos vehiculares RILSA (ver Figura 8), con el fin de establecer condiciones de operación del corredor vial (niveles de servicio).

Figura 8. Nomenclatura de movimientos vehiculares RILSA.

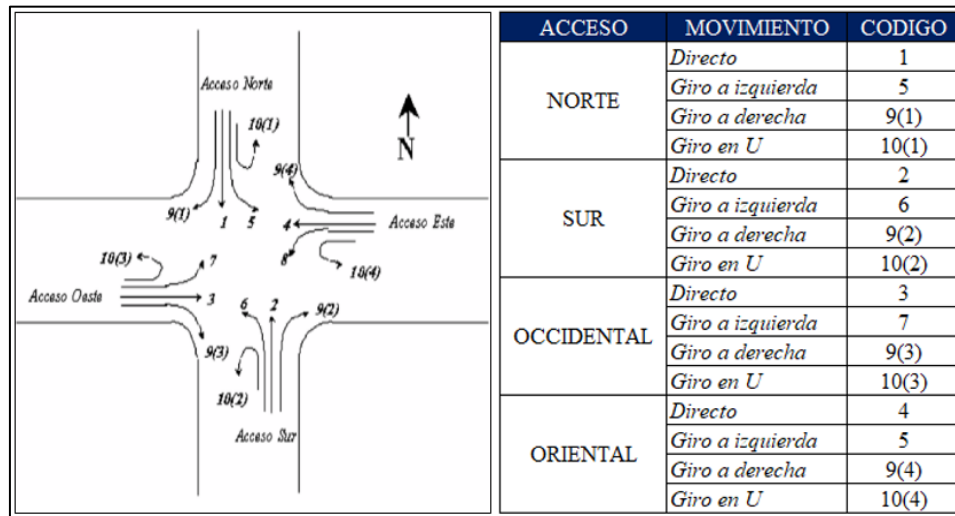


Figura 8. Alaix, V. G. (2007). Guía de ingeniería de tránsito . Medellín.

Para realizar los aforos vehiculares en campo, fue necesario crear un formato para registrar los volúmenes vehiculares específicos en periodos de 15 minutos, por movimiento y para las siguientes intersecciones:

- ❖ **Intersección de la Avenida La Esperanza con Avenida Ciudad de Cali:** Este aforo se efectuó en una sola etapa, consistió en aforar el volumen vehicular que viene por La Avenida La Esperanza en ambos sentidos durante 12 horas (entre las 6:00 – 18:00), durante el día típico martes 13 de noviembre de 2018. El volumen vehicular de la Avenida Ciudad de Cali se tomó de la Estación Maestra ubicada sobre la Avenida Ciudad de Cali con Avenida Calle 17 (AK 86 X AC 17).
- ❖ **Intersección de la Avenida La Esperanza con Transversal 94:** Este aforo se efectuó en una sola etapa, contando la cantidad de vehículos que circulan sobre la intersección y sus maniobras en periodos de 15 minutos durante 12 horas, al igual que en la AC 24 X AK 86.

- ❖ ***Intersección de la Avenida La Esperanza con Avenida Carrera 97:*** Este aforo se efectuó en una sola etapa, contando la cantidad de vehículos que circulan sobre la intersección y sus maniobras en periodos de 15 minutos durante 12 horas, al igual que la AC 24 X AK 86.

4. Aforos vehiculares a intersecciones secundarias

- ❖ ***Intersección de la Avenida La Esperanza entre Carrera 96H y Transversal 94:*** Este aforo se efectuó en una sola etapa, contando la cantidad de vehículos que retornan sobre la Avenida La Esperanza en ambos sentidos (occidente – oriente y oriente – occidente), en periodos de 15 minutos durante 3 horas, iniciando una hora antes de la hora de máxima demanda calculada para las intersecciones principales (5:45 a.m. – 8:45 a.m.).
- ❖ ***Intersección de la Avenida La Esperanza con Carrera 96H:*** Este aforo se efectuó en una sola etapa, contando la cantidad de vehículos que circulan sobre la intersección y sus maniobras en periodos de 15 minutos durante 3 horas, iniciando una hora antes de la hora de máxima demanda calculada para las intersecciones principales (5:45 a.m. – 8:45 a.m.).
- ❖ ***Intersección de la Avenida La Esperanza con Carrera 96K:*** Este aforo se efectuó en una sola etapa, contando la cantidad de vehículos que circulan sobre la intersección y sus maniobras en periodos de 15 minutos durante 3 horas, iniciando una hora antes de la hora de máxima demanda calculada para las intersecciones principales (5:45 a.m. – 8:45 a.m.).

Estos aforos se procesaron con el fin de obtener los volúmenes vehiculares de la hora de máxima demanda HMD, de esta forma, caracterizar la movilidad de toda la red objeto de estudio.

5. Procesamiento y análisis de la información: Habiendo realizado los aforos de las intersecciones principales, se procedió al análisis y procesamiento de la información mediante hojas de cálculo en Excel que facilitarían el tratamiento de datos y su interpretación.

El análisis fue orientado a la obtención de la siguiente información:

- ❖ Volumen o intensidad de tránsito en la hora de máxima demanda HMD
- ❖ Tasa de flujo en la hora de máxima demanda (FHP).
- ❖ Densidad.
- ❖ Análisis de capacidad y niveles de servicio.
- ❖ Composición vehicular.
- ❖ Volumen vehicular total – 12 horas de aforo.

6. Estudio de velocidades (Método del vehículo flotante): El estudio de velocidades se basó en la metodología del vehículo flotante, en donde se dispuso de un vehículo que transita sobre el corredor vial objeto de estudio (Avenida La Esperanza entre la Carrera 100 y la Avenida Carrera 97), de esta forma, se consignó en un formato de campo específico, la distancia total a recorrida y los tiempos de recorrido y de detención, con el

fin de obtener las variables relacionadas con la velocidad (Velocidad de recorrido y velocidad de marcha), las cuales fueron un indicador importante al momento de determinar la calidad del flujo vehicular en el corredor.

7. **Modelación en el software Ptv Vissim del escenario actual:** Mediante el análisis y procesamiento de los aforos a intersecciones principales y secundarias, se realizó la modelación del escenario actual; esta consistió en trazar la red con todas las características físicas y operativas de las vías (número de carriles, ancho de carril, sentido vial, longitud, demarcación del pavimento, áreas de conflicto, reducciones de velocidad, velocidad de operación, composición vehicular y el comportamiento de los conductores), para luego cargar los corredores con los volúmenes vehiculares de la hora de máxima demanda, enrutarlos mediante porcentajes y calibrar el modelo usando el índice estadístico GEH; de esta forma, se analizó mediante los resultados del programa (resultados agregados y desagregados de la red), las causas que generan congestión en este punto de la localidad de Fontibón.

8. **Modelación en el software Ptv Vissim del escenario proyectado:** Teniendo en cuenta el análisis operativo realizado sobre el corredor de La Avenida Esperanza, se plantearon diferentes alternativas a fin de contrastar cada escenario y proponer la medida más eficiente según los resultados de cada modelación. Entre las alternativas se encuentran:
 - Funcionamiento con una infraestructura vial en excelente estado.

- Modificación de las fases semafóricas de forma tal que se optimice el flujo sobre la Avenida La Esperanza.
- Construcción de un puente vehicular sobre Av. La Esperanza con Ciudad de Cali y de unos carriles de aceleración y desaceleración sobre los giros de la Carrera 97. Además, se suprimió el giro izquierdo para generar el circuito sobre la Carrera 90 y la Diagonal 24C para tomar la Carrera 97 al sur.

8 Descripción de la zona de estudio

8.1 Localización y descripción de la zona

La localidad de Fontibón se ubica al occidente de la Ciudad de Bogotá, al norte limita con la localidad de Engativá, al oriente con las localidades de Puente Aranda y Teusaquillo, al sur con la localidad de Kennedy y al occidente con los municipios de Mosquera y Funza. Cuenta con una infraestructura vial importante respecto a la movilidad de sus habitantes hacia sus diferentes destinos, pues se comunica de sur a norte y viceversa, mediante la Avenida Ciudad de Cali, la Avenida Boyacá y la Avenida Carrera 68, mientras que de oriente a occidente y de occidente a oriente se conecta a través de la Avenida José Celestino Mutis, la Avenida El Dorado, la Avenida la Esperanza y la Avenida Calle 17, además de contar con 20.5 km de ciclorutas.

La localidad tiene una extensión de suelo de 3.328 Ha, donde el 88.78% corresponde al área urbana y el 11.22% restante a suelo en expansión (planes parciales). Fontibón se encuentra subdividida por ocho (8) Unidades de Planeamiento Zonal, las de mayor cobertura, la 117 - Aeropuerto El Dorado con un 22.33% de suelo, le sigue la 75 - Fontibón con 14.92%, la 77 - Zona Franca con 14.77% y la 112 - Granjas de Techo, la cual representa un 14.35% del área total de la localidad. Por último, se tienen las otras cuatro UPZ's de menor participación, la 76 - Fontibón San Pablo con un 10.82%, la 115 - Capellanía con un 8.18%, 114 - Modelia con 7.86% y la 110 - Ciudad Salitre Occidental con un 6.78%, como se observa en la Figura 9.

Figura 9. Distribución de las Unidades de Planeamiento Zonal en la localidad de Fontibón.

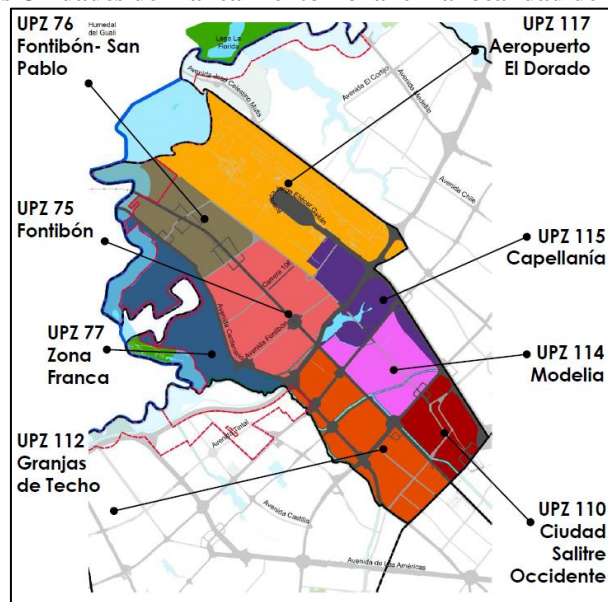


Figura 9. Secretaria Distrital de Planeación. Revisión general Plan de Ordenamiento Territorial – Diagnostico Fontibón, Bogotá D.C., 2016.

De igual forma, la localidad cuenta con la presencia de un importante centro industrial, comercial, cultural y de transportes, pues se encuentra el Aeropuerto Internacional El Dorado, La Terminal de Transportes de Bogotá, importantes fábricas y bodegas, incluyendo la Zona Franca, y los Centros Comerciales Salitre y Hayuelos, además de contar con atractivos culturales como Maloka, a modo de museo interactivo, como puntos de interés de turismo económico y empresarial.

La zona de estudio se ubica sobre la Avenida La Esperanza – Calle 24, entre la Avenida Carrera 97 y la Avenida Ciudad de Cali, en la UPZ 114 – Modelia, de clasificación residencial cualificado. Esta tiene una extensión de 262 Ha, de las cuales 12 son suelo protegido. Limita por el norte con la Avenida El Dorado, por el oriente con la Avenida Boyacá - Carrera 72, por el sur con la Avenida Ferrocarril de Occidente – Calle 22, y por el occidente con la Avenida Ciudad de Cali y el canal de Modelia. Actualmente es un barrio que se caracteriza por sus abundantes zonas

verdes de parques, vegetación y arboles; además de contar con una zona importante de bares (Zona rosa de Modelia), pequeños negocios de bajo impacto, casas de dos plantas y urbanizaciones con torres de apartamentos de mediana altura.

En la Figura 10 se muestra la localización de la red vial objeto de estudio.

Figura 10. Localización de la zona de estudio.



Figura 10. Adaptado a partir de Google Earth.

8.2 Usos del suelo

Teniendo en cuenta la planeación de la localidad y su propia configuración dentro del marco distrital, el uso del suelo de mayor participación corresponde al residencial con un 26.46%, con predominio en viviendas en NPH (No Propiedad Horizontal), seguido del uso de vivienda en PH

(Propiedad Horizontal), las cuales derivan mayormente de la UPZ de Fontibón, Ciudad Salitre, Modelia y parte de Capellanía. El uso industrial ocupa un 5.75%, ubicadas principalmente en la UPZ de Fontibón San Pablo, la Zona Franca, Granjas de techo, y en menor medida, Capellanía; el uso dotacional representa un 4.75% y el uso comercial y de servicios un 28.01%, derivados de las actividades propias de la UPZ de El Aeropuerto, Ciudad Salitre y Modelia. Por último, otros espacios cubren el 35.66% (Vías de orden local, intermedia y arterial, áreas de espacio público, cuerpos de agua, equipamientos, alamedas, etc). En la Figura 11 se esquematiza la distribución de los usos del suelo en la localidad.

Figura 11. Usos del suelo en la localidad de Fontibón.

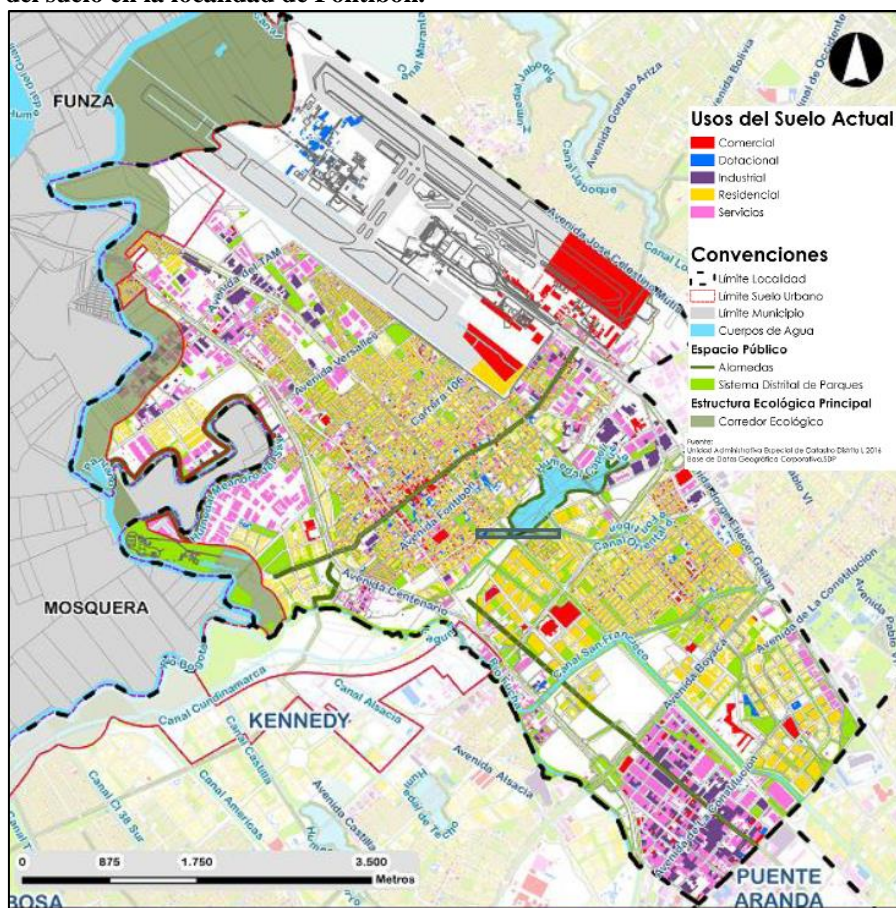


Figura 11. Secretaria Distrital de Planeación. Revisión general Plan de Ordenamiento Territorial – Diagnostico Fontibón, Bogotá D.C., 2016.

Dentro de los usos del suelo en Fontibòn, se encuentra el suelo destinado a la construcción de diferentes Planes Parciales los cuales representan el 11.22% del área total en la localidad, de manera que juegan un papel un papel importante dentro de la consolidación y el desarrollo de la localidad y de Bogotá D.C. Es importante tener presente el desarrollo del suelo lateral y la configuración de los planes parciales en las diferentes UPZ's de la localidad, pues son proyectos que representan una carga adicional a la infraestructura vial existente, lo que se traduce en mayor cantidad de vehiculos en las vías, y por tanto, mayor congestión en los puntos de mayor demanda (Avenida El Dorado, Avenida La Esperanza, Avenida Centenario, Avenida Ciudad de Cali, Avenida Boyaca, entre otras).

Los planes parciales son los instrumentos que articulan de manera específica los objetivos de ordenamiento territorial con los de gestión del suelo concretando las condiciones técnicas, jurídicas, económico - financieras y de diseño urbanístico que permiten la generación de los soportes necesarios para nuevos usos urbanos o para la transformación de los espacios urbanos previamente existentes, asegurando condiciones de habitabilidad y de protección de la Estructura Ecológica Principal, de conformidad con las previsiones y políticas del Plan de Ordenamiento Territorial. (Art. 31, Decreto 190 de 2004 - Compilación POT)

Actualmente, según la Secretaria Distrital de Planeación, se tiene un total de 10 proyectos relacionados con el desarrollo de Planes Parciales en la localidad de Fontibón, de los cuales cuatro (4) han sido adaptados, dos (2) estan predelimitados, dos (2) se encuentran en etapa de formulación y solo uno (1) en determinantes. En la Figura 12 se muestra la localización de cada uno de los Planes Parciales en la localidad.

Figura 12. Estado de los Planes Parciales en la localidad de Fontibón.

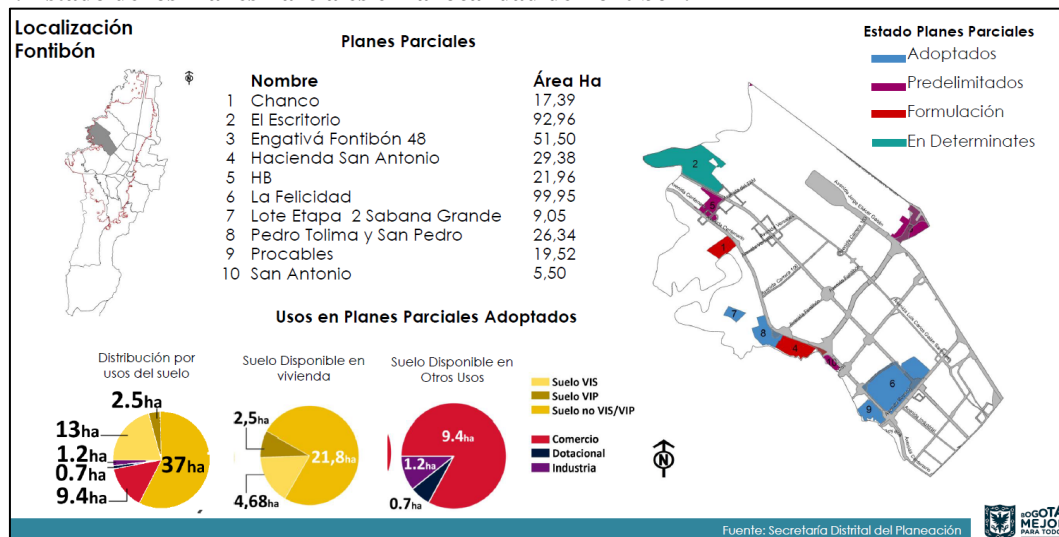


Figura 12. Secretaría Distrital de Planeación. Revisión general Plan de Ordenamiento Territorial – Diagnostico Fontibón, Bogotá D.C., 2016.

Como se puede observar en la Figura 12, los planes parciales de mayor magnitud son El Escritorio, La Felicidad y Engativá Fontibón 48, pues involucran el desarrollo de 244.41 Ha de suelo, seguido de proyectos como Hacienda San Antonio, Pedro Tolima y San Pedro, HB, Procables y El Chanco que ejecutarán 114.59 Ha, mientras que el resto de proyectos, El Lote Etapa II Sabana Grande y San Antonio, desarrollarán áreas de menor cuantía (14.55 Ha). La importancia de este tipo de proyectos en materia de movilidad, radica en el número de viajes generados y atraídos por cada Plan Parcial una vez estos entren en operación, pues necesariamente los vehículos particulares tendrán que circular por los corredores principales de la localidad, lo que complicará la movilidad de manera progresiva teniendo en cuenta los desplazamientos habituales de quienes residen en Fontibón, además de que actualmente sus vías más importantes se encuentran operando al límite de su capacidad en las horas de mayor demanda. Cabe mencionar que otro de los factores que agravan la movilidad en la capital es su falta de planeación en los usos del suelo, pues los principales polos generados y atractores de viajes como Colegios, Universidades y Trabajos, se encuentran hacia la zona del Centro, Chapinero y

el Norte de Bogotá, lo que genera congestión dado que la dinámica del tránsito en la ciudad se concentra especialmente en las vías que comunican con estos puntos de la ciudad.

8.3 Características de las condiciones de operación actual

8.3.1 Características de la malla vial

Actualmente la malla vial en Bogotá cuenta con una extensión total de 15.557 km-carril, de la cual, el 6.7% corresponde a vías Troncales con 1.039 km-carril, el 17.3% a vías arteriales con 2.684 km-carril, un 22.8% a vías intermedia con 3.548 km-carril y el 53.2% a la red vial local con 8.286 km-carril, como se esquematiza a continuación en la Figura 13.

Figura 13. Malla vial de la localidad de Fontibón.

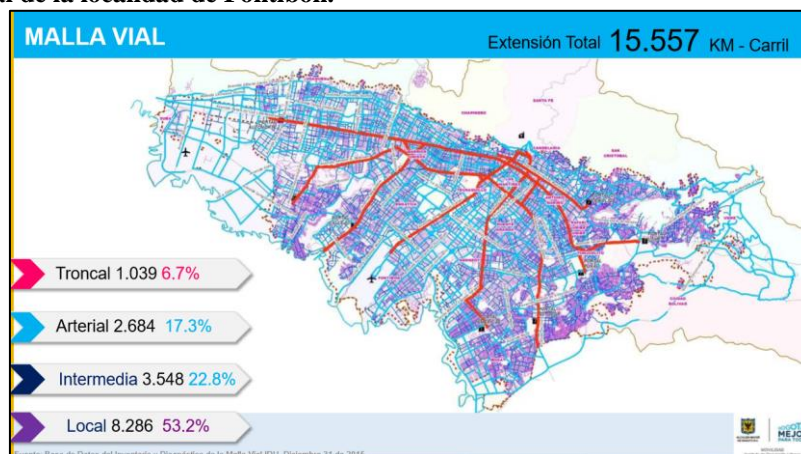


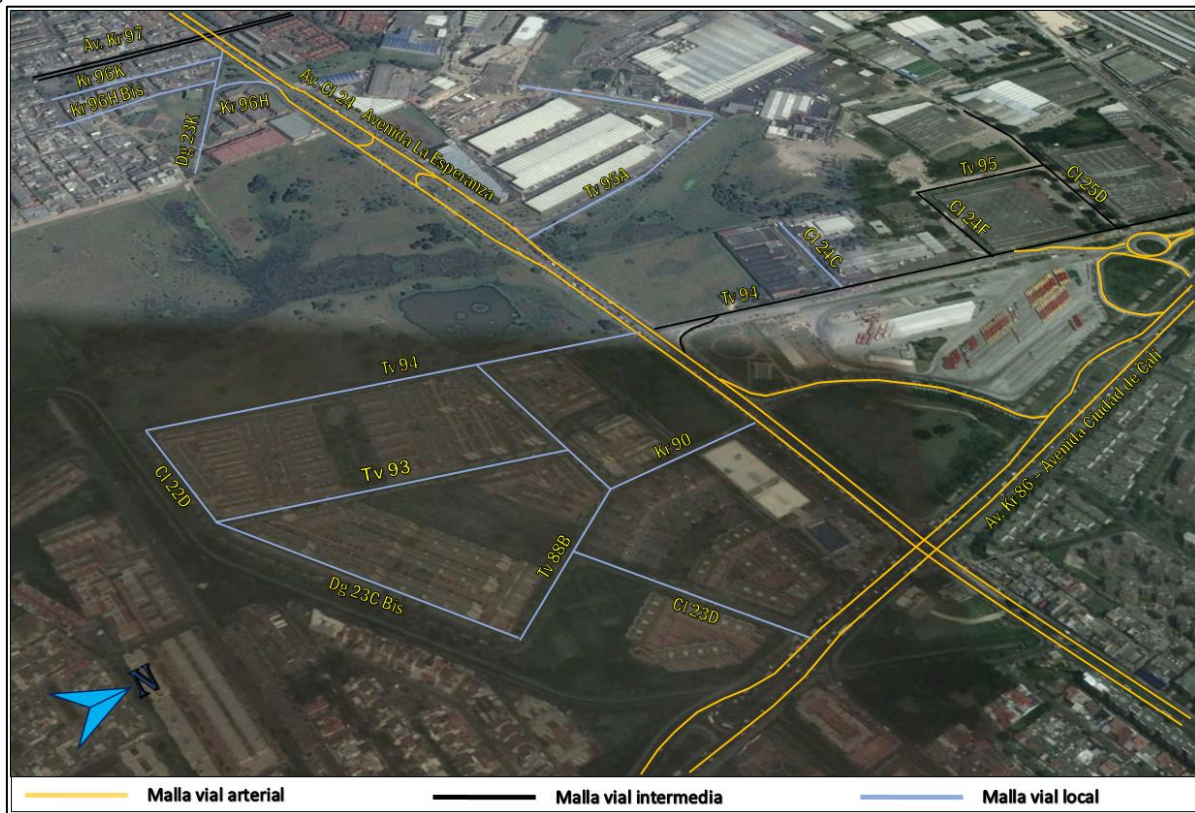
Figura 13. Secretaria Distrital de Planeación. Revisión general Plan de Ordenamiento Territorial – Diagnostico Fontibón, Bogotá D.C., 2016.

La malla vial de la localidad de Fontibón cuenta con 920.68 km-carril, lo cual representa aproximadamente el 5.92% de la red vial en Bogotá (51.8 km – Troncales, 280.55 km – Arteriales, 263.32 – Intermedia y 325.01 – Locales). Esta localidad, ubicada al occidente de la

ciudad de Bogotá, cuenta con una infraestructura vial de gran importancia, ya que ofrece una buena conexión hacia los diferentes municipios y sectores de la capital. La localidad se comunica de sur a norte y viceversa, mediante la Avenida Ciudad de Cali, la Avenida Boyacá y la Avenida Carrera 68, mientras que de oriente a occidente y de occidente a oriente se conecta a través de la Avenida José Celestino Mutis, la Avenida El Dorado, La Avenida Esperanza y Centenario. De igual forma, la mayor parte de las vías de mayor jerarquía (Carrera 103, Avenida Calle 26, Avenida Boyacá y la Avenida José Celestino Mutis), cuentan a su vez con una red de ciclorutas para el tránsito de bici usuarios, la cual suma los 20.5 km.

La red vial objeto de estudio tiene una extensión de 10.77 km-carril, lo que representa el 1.2% de la malla vial de la localidad. A continuación, se presenta en la Figura 14, la clasificación de las vías que hacen del presente estudio, mientras que el Cuadro 2, muestra la descripción de cada vía, su geometría y las características físicas de la misma (CIV, ancho de calzada, longitud del segmento, área y el tipo de superficie – flexible/rígido).

Figura 14. Clasificación de la malla vial.



Fuente: Elaboración propia a partir del servicio geográfico del IDU – Diagnostico de la malla vial de Bogotá 2016.

Cuadro 2. Características principales de la red vial objeto de estudio.

Segmentos viales involucrados	CIV	Ancho de calzada (m)	Longitud horizontal (m)	Área de calzada (m ²)	Tipo de superficie	Descripción	
Avenida Calle 24 sentido occidente - oriente	1.	9001594	7.40	119.45	884.05	Flexible	La Avenida La Esperanza, es una vía arterial que comunica la ciudad de Bogotá de occidente a oriente y viceversa, mediante una calzada bidireccional de dos carriles por sentido. Inicia en la carrera 129, recorriendo los barrios Selva Dorada, El Refugio, Atahualpa, La Rosita, Cofradía, Modelia, Ciudad Salitre hasta Quinta Paredes, donde finaliza como Carrera 36 hacia el Centro de la capital. Por otra parte, la planificación de la ciudad, ha hecho que el desarrollo del suelo lateral a esta Avenida, sea principalmente residencial; sin embargo, también se encuentran importantes instituciones educativas, fábricas, empresas y abundantes zonas verdes.
	2.	9001661	7.23	65.64	474.29	Flexible	
	3.	9001727	7.60	99.39	755.41	Flexible	
	4.	9001902	7.72	310.00	2393.00	Flexible	
	5.	9002071	8.09	85.16	689.13	Flexible	
	6.	9002249	7.78	271.66	2112.43	Flexible	
	7.	50006976	7.72	163.50	1262.83	Flexible	
	8.	50006977	7.69	189.98	1460.80	Flexible	
	9.	50007057	6.07	35.94	218.30	Flexible	
	10.	50007052	6.72	18.25	122.66	Flexible	
	11.	50007053	7.77	116.20	903.27	Flexible	
Avenida Calle 24 sentido oriente - occidente	1.	9001594	7.08	119.43	845.95	Flexible	
	2.	9001661	7.56	65.61	495.84	Flexible	
	3.	9001727	7.59	99.37	754.25	Flexible	
	4.	9001902	7.65	309.59	2367.60	Flexible	
	5.	9002071	7.64	89.48	683.61	Flexible	
	6.	9002249	8.49	273.09	2319.64	Flexible	
	7.	50006976	10.74	163.78	1758.99	Flexible	
	8.	50006977	8.27	187.49	1550.21	Flexible	
	9.	50007057	11.12	18.47	205.30	Flexible	
	10.	50007052	8.77	25.28	221.61	Flexible	
	11.	50007053	7.77	117.11	910.08	Flexible	
Retornos - Avenida Calle 24	1.	9001902	3.70	147.26	545.56	Flexible	
	2.	9002071	3.68	147.04	540.90	Flexible	
Avenida Ciudad de Cali sentido norte -sur	1.	50006994	17.55	90.81	1593.33	Flexible	
	2.		15.56	84.95	1321.57	Flexible	
	3.		14.16	82.59	1169.05	Flexible	
	4.	50006995	12.69	160.22	2032.46	Flexible	
	5.	9004617	10.55	55.05	580.76	Flexible	
	6.	9002511	10.96	170.97	1873.50	Flexible	
	7.	50007057	10.20	89.56	913.48	Flexible	
	8.	9004694	663.36	65.54	663.36	Flexible	
	9.	50009548	6.86	288.23	1977.98	Flexible	
Avenida Ciudad de Cali sentido sur - norte	1.	50006994	13.35	91.16	1216.59	Flexible	
	2.		12.89	84.90	1094.66	Flexible	
	3.		11.49	81.77	939.63	Flexible	
	4.	50006995	12.00	158.15	1897.86	Flexible	
	5.	9004617	11.36	55.66	632.37	Flexible	
	6.	9002511	10.75	171.45	1842.67	Flexible	
	7.	50007057	13.54	88.82	1202.60	Flexible	
	8.	9004694	14.42	65.59	945.89	Flexible	
Segmentos viales de apoyo a Transmilenio	1.	9004527	8.82	323.30	2850.51	Rígido	
	2.		7.99	63.92	511.02	Rígido	
	3.	9004526	12.68	60.65	769.04	Rígido	
	4.		12.68	78.52	995.91	Rígido	
	5.	9004525	8.73	83.86	731.76	Rígido	
	6.		9.04	45.57	412.11	Rígido	
	7.	9004526	10.10	33.25	335.96	Flexible	
	8.	9004524	8.85	125.74	1113.18	Rígido	
Avenida Carrera 97 sentido norte - sur	1.	9001494	10.00	253.31	2532.72	Flexible	
	2.	9001655	7.71	68.03	524.42	Flexible	
	3.	9001688	7.16	40.12	287.19	Flexible	

Segmentos viales involucrados	CIV	Ancho de calzada (m)	Longitud horizontal (m)	Área de calzada (m ²)	Tipo de superficie	Descripción		
Avenida Carrera 97 sentido sur - norte	1.	9001494	10.00	253.31	2532.72	Flexible	La Avenida Carrera 97, es una vía de orden intermedia, la cual inicia en la Diagonal 16 recorriendo los barrios, El Carmen, Guadal, Villemar, El Cortijo, Santander, Cofradía y Puerta de Teja, donde finaliza sobre la Avenida El Dorado. Es importante mencionar que la configuración de la vía en algunos tramos en bidireccional y otros es unidireccional; en la zona objeto de estudio se comporta como un corredor bidireccional de dos carriles por sentido.	
	2.	9001655	7.56	69.63	526.24	Flexible		
	3.	9001688	7.09	40.12	284.48	Flexible		
Carrera 96K	1.	9001786	5.76	70.48	406.03	Flexible	Estas vías son de orden local, por lo tanto, su conexión posibilita el acceso a las unidades de vivienda.	
	2.	9001737	6.83	124.62	850.61	Flexible		
Carrera 96H	1.	9001782	5.8	69.72	404.45	Flexible		
	2.	9001770	9.24	78.77	728.11	Flexible		
Diagonal 23K	1.	9001885	8.6	134.43	1156.41	Flexible		
	2.	9001771	8.06	23.03	185.5	Flexible		
	3.	9001730	7.57	59.28	448.84	Flexible		
Transversal 95A	1.	50009269	10.43	360.83	3764.91	Flexible		
Transversal 94	1.	9002442	6.32	336.35	2125.54	Flexible		La Transversal 94 es una vía intermedia la cual se deriva de la Diagonal 25C, a la altura del Centro empresarial El Dorado, recorriendo los barrios de Santa Cecilia hasta Modelia Imperial, donde finaliza en la Calle 22D.
	2.	9002344	6.24	90.94	567.41	Flexible		
	3.	9002314	6.42	77.7	491.89	Flexible		
	4.	9002248	12.49	212.59	2655.19	Rígido		
	5.	9002167	8.29	179.42	1487.58	Rígido		
	6.	50006993	6.58	170.57	1121.98	Rígido		
Transversal 95	1.	9001944	9.99	175.27	1750.69	Flexible	Estas vías son de orden local, por lo tanto, su conexión posibilita el acceso a las unidades de vivienda.	
Transversal 93	1.	50003248	9.1	320.28	2915.04	Flexible		
Travesar 88B	1.	9004614	8.68	126.66	1098.98	Flexible		
	2.	9002530	8.89	87.07	773.85	Flexible		
Carrera 90	1.	9002467	9.5	87.89	834.95	Flexible		
	2.	9004693	9.82	77.44	762.09	Flexible		
Calle 24C	1.	9002168	10.37	137.5	1425.97	Flexible		
Calle 24F	1.	9002099	10.76	138.87	1493.88	Flexible		
Calle 25D	1.	9002014	10.1	143.55	1449.59	Flexible		
Calle 23E	1.	9004612	9.67	142.35	1376.57	Flexible		
	2.	9004613	9.27	285.18	2643.35	Flexible		
Calle 23I Bis	1.	50003249	9.48	135.9	1288.5	Flexible		
	2.	50003250	9.33	66.67	622.2	Flexible		
Calle 23D	1.	9002557	9.33	196.81	1835.65	Flexible		

Nota. Elaboración propia a partir del servicio geográfico del IDU – Diagnostico de la malla vial de Bogotá 2016.

8.3.2 Estado de las vías

La Ciudad de Bogotá cuenta con una extensión de 15.557 km de red, clasificadas en vías de orden troncal, arterial, intermedia y local. El estado de la malla vial en la capital, según la Base de datos del inventario y Diagnóstico de la Malla Vial del IDU en 2015, registro que el 40% de las vías se encuentran en buen estado, el 20% a vías en estado regular y el 40% restante, a vías en mal estado; básicamente, la malla vial arterial, troncal e intermedia, son las que presenta mejores condiciones de infraestructura, mientras que la malla vial local es la más afectada. Como se presenta en la Figura 15 y en la Figura 16:

Figura 15. Clasificación de la malla vial en Bogotá y estado.

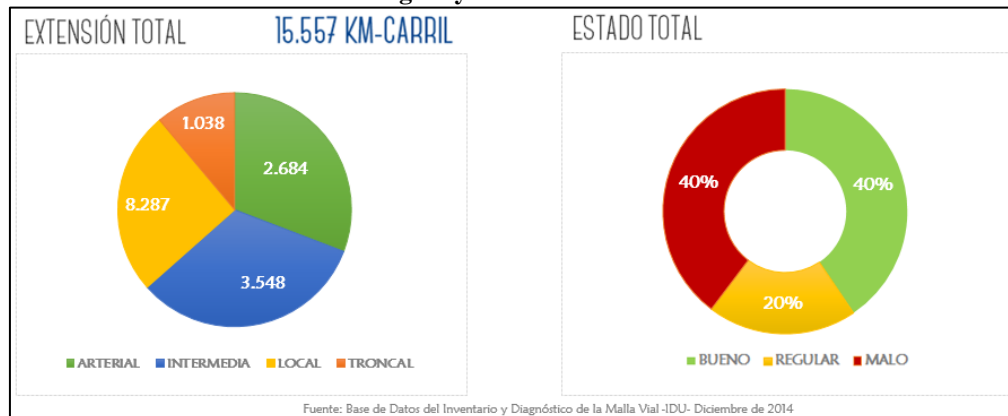


Figura 15. Base de datos del inventario de la malla vial del IDU en 2015.

Figura 16. Estado de la malla vial arterial, intermedia, local y troncal en Bogotá.

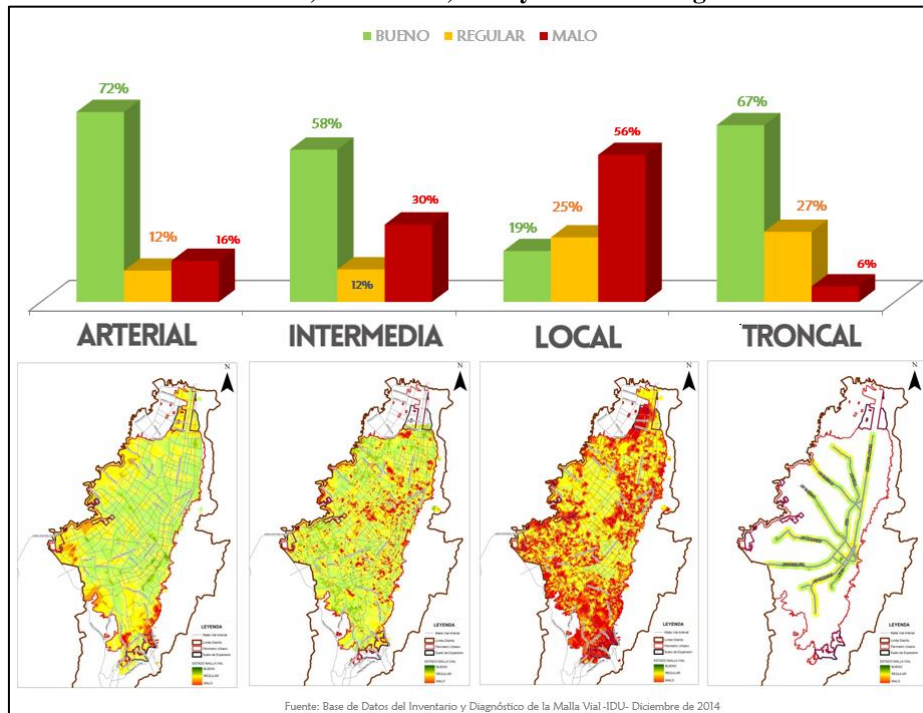


Figura 16. Base de datos del inventario de la malla vial del IDU en 2015.

A partir de la Base de datos de la malla vial del IDU para el año 2015, se encontró que en la localidad de Fontibón la malla vial arterial es la que se encuentra en mejores condiciones, pues el 84% de las vías están en buen estado y el 16% restante, a vías en estado regular. Por otra parte, la malla vial intermedia y local son las que registran mayor afectación; la red intermedia cuenta con el 53% de sus vías en buen estado, el 11% a vías en estado regular y un 36% a vías en mal estado. Por último, la red vial local en Fontibón cuenta con el 31% de vías en buen estado, el 23% a vías en estado regular y 46% a vías en mal estado. En las Figuras 17, 18 y 19 se presentan los esquemas asociados al estado de las vías en la localidad y su ubicación en la ciudad de Bogotá.

Figura 17. Estado de la malla vial arterial en la localidad de Fontibón.

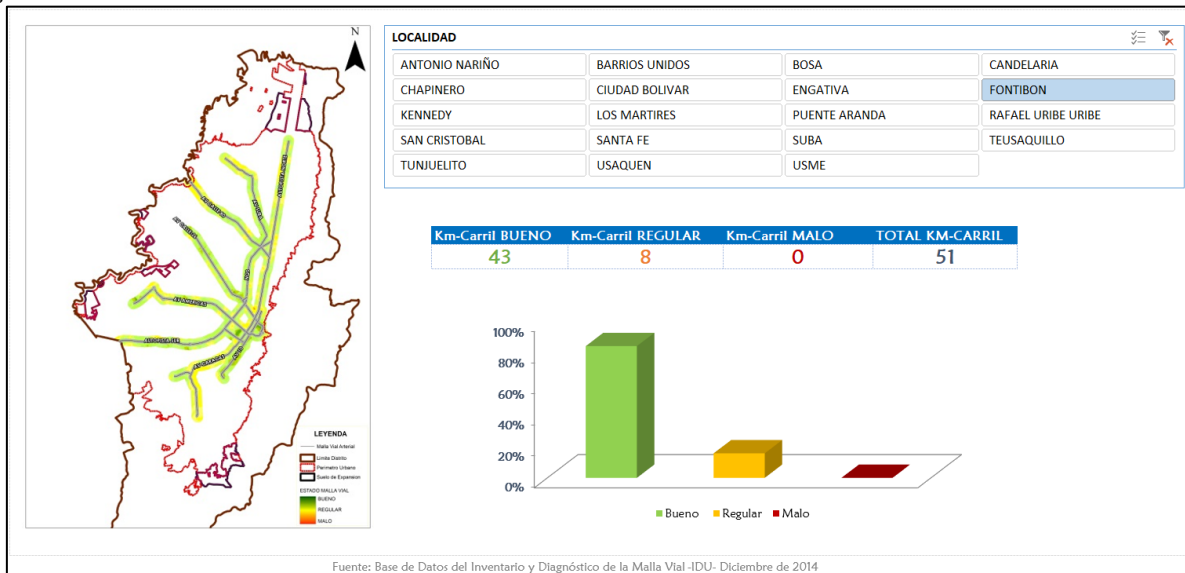


Figura 17. Base de datos del inventario de la malla vial del IDU en 2015.

Figura 18. Estado de la malla vial intermedia en la localidad de Fontibón.

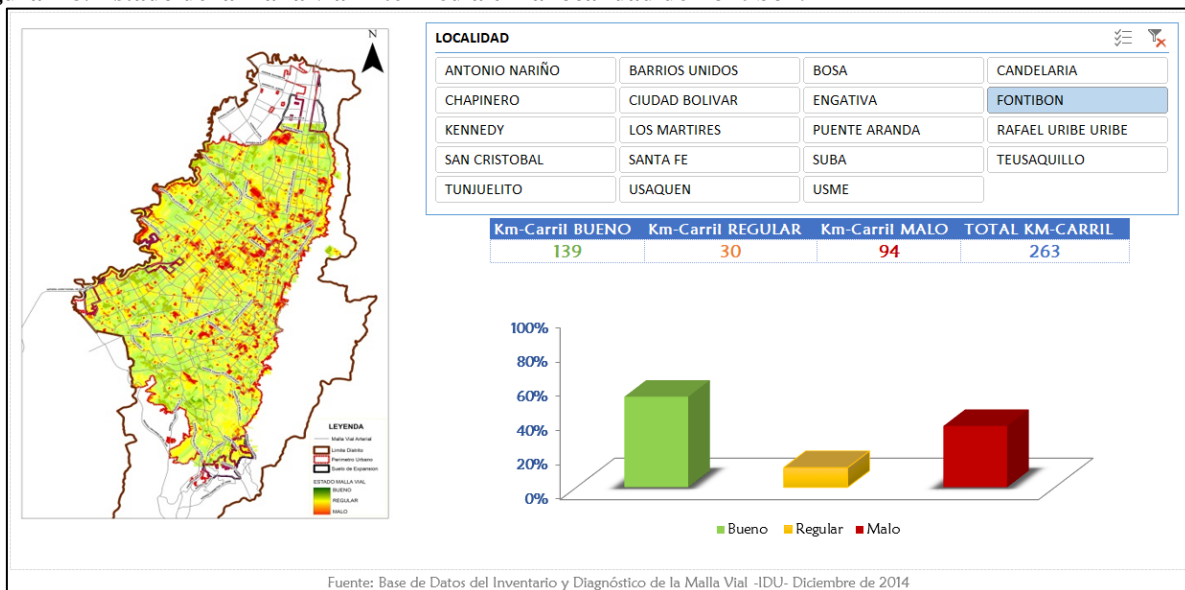


Figura 18. Base de datos del inventario de la malla vial del IDU en 2015.

Figura 19. Estado de la malla vial local en la localidad de Fontibón.

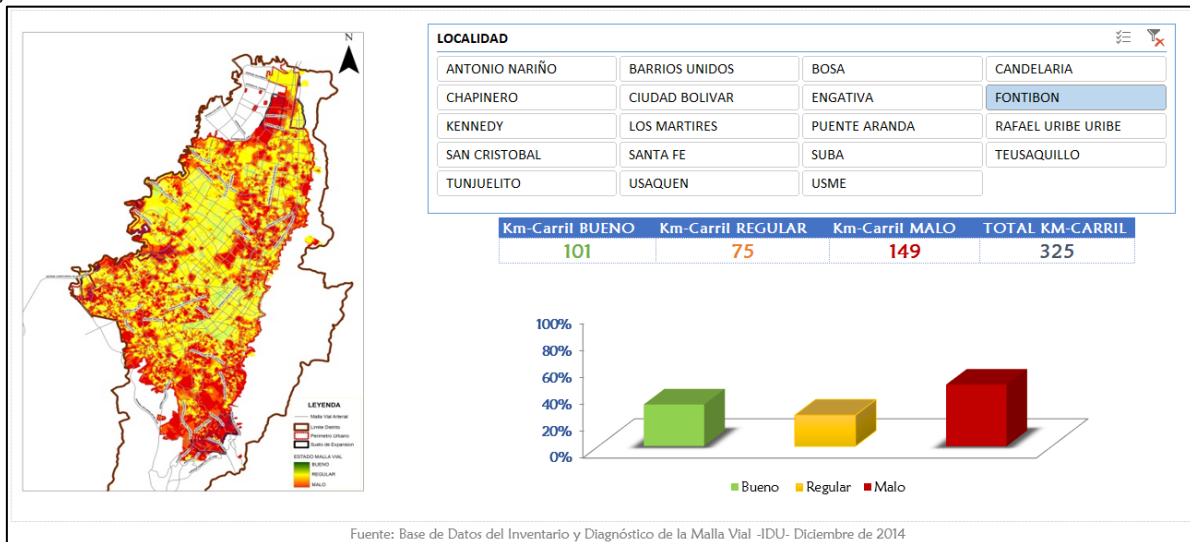


Figura 19. Base de datos del inventario de la malla vial del IDU en 2015.

Para determinar el estado de las vías del proyecto, se optó por utilizar la información que ofrece el Sistema de Información Geográfico - SIG IDU (Diagnóstico de la malla vial en Bogotá para el año 2016), relacionado al Índice PCI e IRI, ya que son los parámetros principales para establecer la condición en que se encuentra un pavimento. Vásquez (2002) refiere que el índice PCI (Paviment condition index), es una metodología basada en un inventario de daños al pavimento, y a partir del mismo, establecer un indicador del grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. El PCI es un índice numérico que varía entre cero (0) y cien (100), entre más próximo sea al cero, peor es su estado y viceversa, entre más próximo al 100, mejor es su condición estructural.

En el Cuadro 3 se muestran los rangos PCI y el estado en que se clasifica el pavimento:

Cuadro 3. Rangos de clasificación del PCI.

PCI (%)	CLASIFICACIÓN
0 - 10	Fallado
10 - 25	Muy malo
25 - 40	Malo
40 - 55	Regular
55 - 70	Bueno
70 - 85	Muy bueno
85 - 100	Excelente

Nota. Vázquez, L. (2002). Paviment condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Ingepav - ingeniería de pavimentos.

Por otra parte, el Índice Internacional de Rugosidad – IRI, es una metodología paralela al Índice PCI, que busca clasificar el estado de un pavimento mediante la estimación del grado de irregularidad de la vía. Según la Norma INV E – 790-07, el metodo se basa en la medición del perfil longitudinal de las huellas externas e internas de un pavimento, medido con un perfilometro de carreteras. En la Figura 20 se presenta los rangos de clasificación del pavimento según la metodología IRI:

Figura 20 Rangos de clasificación del pavimento – Metodología IRI.

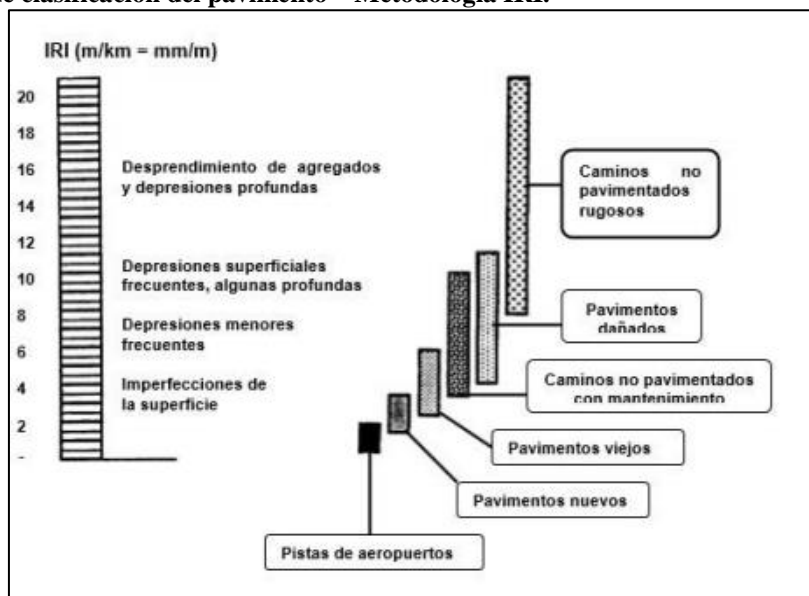


Figura 20. Almanara C., (2015). Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima. Perú.: Pontificia Universidad Católica del Perú.

En el 2016 el Instituto de desarrollo urbano – IDU, realizó el diagnóstico de la malla vial en la ciudad de Bogotá mediante el inventario de las características físicas y geométricas de cada corredor (longitud del segmento, ancho de la sección transversal, área de calzada, tipo de superficie, funcionalidad, IRI y PCI). En el Cuadro 4 se muestra como parte de un ejercicio académico, el inventario de vías que hacen parte del presente proyecto, y cuyo estado de pavimento fue clasificado con base en los valores PCI e IRI estimados por el IDU.

Cuadro 4. Estado de la malla vial según IRI y PCI.

Segmentos viales involucrados	CIV	Ancho de calzada (m)	Longitud horizontal (m)	Área de calzada (m ²)	Tipo de superficie	PCI (%)	IRI TOTAL (mm/m)	Clasificación IRI	Estado	
Avenida Calle 24 sentido occidente - oriente	1.	9001594	7.40	119.45	884.05	Flexible	86	5,38	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	2.	9001661	7.23	65.64	474.29	Flexible	92	6,24	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	3.	9001727	7.60	99.39	755.41	Flexible	94	6,41	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	4.	9001902	7.72	310.00	2393.00	Flexible	64	7,06	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	5.	9002071	8.09	85.16	689.13	Flexible	59	7,89	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	6.	9002249	7.78	271.66	2112.43	Flexible	55	5,76	Depresiones menores frecuentes	Regular
	7.	50006976	7.72	163.50	1262.83	Flexible	50	8,01	Depresiones menores frecuentes	Regular
	8.	50006977	7.69	189.98	1460.80	Flexible	63	9,25	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	9.	50007057	6.07	35.94	218.30	Flexible	78	0	-	Muy bueno
	10.	50007052	6.72	18.25	122.66	Flexible	93	8,29	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	11.	50007053	7.77	116.20	903.27	Flexible	100	3,78	Imperfecciones de la superficie	Excelente
Avenida Calle 24 sentido oriente - occidente	1.	9001594	7.08	119.43	845.95	Flexible	53	4,89	Imperfecciones de la superficie	Regular
	2.	9001661	7.56	65.61	495.84	Flexible	64	-	-	Bueno
	3.	9001727	7.59	99.37	754.25	Flexible	50	4,75	Imperfecciones de la superficie	Regular
	4.	9001902	7.65	309.59	2367.60	Flexible	62	5,82	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	5.	9002071	7.64	89.48	683.61	Flexible	75	5,02	Depresiones menores frecuentes	Muy bueno
	6.	9002249	8.49	273.09	2319.64	Flexible	65	7,1	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	7.	50006976	10.74	163.78	1758.99	Flexible	66	7,15	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	8.	50006977	8.27	187.49	1550.21	Flexible	88	5,77	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	9.	50007057	11.12	18.47	205.30	Flexible	75	9,68	Depresiones superficiales frecuentes, algunas profundas	Muy bueno
	10.	50007052	8.77	25.28	221.61	Flexible	90	12	Depresiones superficiales frecuentes, algunas profundas	Excelente
	11.	50007053	7.77	117.11	910.08	Flexible	87	3,74	Imperfecciones de la superficie	Excelente
Retornos - Avenida Calle 24	1.	9001902	3.70	147.26	545.56	Flexible	60	-	Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	Bueno
	2.	9002071	3.68	147.04	540.90	Flexible	86	10,44	Depresiones superficiales frecuentes, algunas profundas	Excelente
Avenida Ciudad de Cali sentido norte -sur	1.	50006994	17.55	90.81	1593.33	Flexible	99	3,55	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	2.		15.56	84.95	1321.57	Flexible	100	6,62	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	3.		14.16	82.59	1169.05	Flexible	98	2,8	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	4.	50006995	12.69	160.22	2032.46	Flexible	78	3,56	Imperfecciones de la superficie	Muy bueno
	5.	9004617	10.55	55.05	580.76	Flexible	93	3,87	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	6.	9002511	10.96	170.97	1873.50	Flexible	86	4,63	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	7.	50007057	10.20	89.56	913.48	Flexible	100	4,43	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	8.	9004694	663.36	65.54	663.36	Flexible	94	3,24	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	9.	50009548	6.86	288.23	1977.98	Flexible	62	4,33	Imperfecciones de la superficie	Bueno
Avenida Ciudad de Cali sentido sur - norte	1.	50006994	13.35	91.16	1216.59	Flexible	100	2,46	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	2.		12.89	84.90	1094.66	Flexible	97	2	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	3.		11.49	81.77	939.63	Flexible	100	2,81	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	4.	50006995	12.00	158.15	1897.86	Flexible	100	4,48	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	5.	9004617	11.36	55.66	632.37	Flexible	100	3,8	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	6.	9002511	10.75	171.45	1842.67	Flexible	92	4,67	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	7.	50007057	13.54	88.82	1202.60	Flexible	100	4,24	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	8.	9004694	14.42	65.59	945.89	Flexible	100	3,85	Imperfecciones de la superficie	Excelente
Segmentos viales de apoyo a Transmilenio	1.	9004527	8.82	323.30	2850.51	Rígido	98	5,59	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	2.		7.99	63.92	511.02	Rígido	99	5,75	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	3.	9004526	12.68	60.65	769.04	Rígido	99	5,47	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	4.		12.68	78.52	995.91	Rígido	100	6,33	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	5.	9004525	8.73	83.86	731.76	Rígido	100	5	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	6.		9.04	45.57	412.11	Rígido	100	6,05	Depresiones menores frecuentes	Excelente

Segmentos viales involucrados	CIV	Ancho de calzada (m)	Longitud horizontal (m)	Área de calzada (m ²)	Tipo de superficie	PCI (%)	IRI TOTAL (mm/m)	Clasificación IRI	Estado	
	7.	9004526	10,10	33,25	335,96	Flexible	100	5,52	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	8.	9004524	8,85	125,74	1113,18	Rígido	100	2,8	Imperfecciones de la superficie	Excelente
Avenida Carrera 97 sentido norte - sur	1.	9001494	10,00	253,31	2532,72	Flexible	62	6,06	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	2.	9001655	7,71	68,03	524,42	Flexible	98	5,38	Depresiones menores frecuentes	Excelente
Avenida Carrera 97 sentido sur - norte	3.	9001688	7,16	40,12	287,19	Flexible	100	5,00	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	1.	9001494	10,00	253,31	2532,72	Flexible	62	6,06	Depresiones menores frecuentes	Bueno
	2.	9001655	7,56	69,63	526,24	Flexible	48	3,12	Imperfecciones de la superficie	Regular
	3.	9001688	7,09	40,12	284,48	Flexible	35	4,75	Imperfecciones de la superficie	Malo
Carrera 96K	1.	9001786	5,76	70,48	406,03	Flexible	85	7,13	Depresiones menores frecuentes	Muy bueno
	2.	9001737	6,83	124,62	850,61	Flexible	97	4,48	Imperfecciones de la superficie	Excelente
Carrera 96H	1.	9001782	5,80	69,72	404,45	Flexible	100	5,79	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	2.	9001770	9,24	78,77	728,11	Flexible	90	12,00	Depresiones superficiales frecuentes, algunas profundas	Excelente
Diagonal 23K	1.	9001885	8,60	134,43	1156,41	Flexible	90	3,20	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	2.	9001771	8,06	23,03	185,50	Flexible	100	8,38	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	3.	9001730	7,57	59,28	448,84	Flexible	100	6,36	Depresiones menores frecuentes	Excelente
Transversal 95A	1.	50009269	10,43	360,83	3764,91	Flexible	98	3,85	Imperfecciones de la superficie	Excelente
Transversal 94	1.	9002442	6,32	336,35	2125,54	Flexible	42	3,77	Imperfecciones de la superficie	Regular
	2.	9002344	6,24	90,94	567,41	Flexible	-	-	Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	Excelente
	3.	9002314	6,42	77,70	491,89	Flexible	-	-	Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	Excelente
	4.	9002248	12,49	212,59	2655,19	Rígido	99	4,57	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	5.	9002167	8,29	179,42	1487,58	Rígido	100	4,31	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	6.	50006993	6,58	170,57	1121,98	Rígido	97	5,74	Depresiones menores frecuentes	Excelente
Transversal 95	1.	9001944	9,99	175,27	1750,69	Flexible	86	-	Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	Excelente
Transversal 93	1.	50003248	9,10	320,28	2915,04	Flexible	90	4,16	Imperfecciones de la superficie	Excelente
Transversal 88B	1.	9004614	8,68	126,66	1098,98	Flexible	86	5,93	Depresiones menores frecuentes	Excelente
	2.	9002530	8,89	87,07	773,85	Flexible	80	6,56	Depresiones menores frecuentes	Muy bueno
Carrera 90	1.	9002467	9,50	87,89	834,95	Flexible	-	-	Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	Excelente
	2.	9004693	9,82	77,44	762,09	Flexible	-	-	Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	Excelente
Calle 24C	1.	9002168	10,37	137,50	1425,97	Flexible	35	7,33	Depresiones menores frecuentes	Malo
Calle 24F	1.	9002099	10,76	138,87	1493,88	Flexible	15	10,84	Depresiones superficiales frecuentes, algunas profundas	Muy malo
Calle 25D	1.	9002014	10,10	143,55	1449,59	Flexible	12	-	Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	Muy malo
Calle 23E	1.	9004612	9,67	142,35	1376,57	Flexible	89	3,08	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	2.	9004613	9,27	285,18	2643,35	Flexible	82	3,33	Imperfecciones de la superficie	Muy bueno
Calle 23I Bis	1.	50003249	9,48	135,90	1288,50	Flexible	96	4,78	Imperfecciones de la superficie	Excelente
	2.	50003250	9,33	66,67	622,20	Flexible	72	5,46	Depresiones menores frecuentes	Muy bueno
Calle 23D	1.	9002557	9,33	196,81	1835,65	Flexible	77	7,25	Depresiones menores frecuentes	Muy bueno

Nota. Elaboración propia con base en el servicio geográfico del IDU – Diagnostico de la malla vial de Bogotá 2016.

8.3.3 Tráfico en la zona de influencia

Actualmente, el corredor de la Avenida La Esperanza - Calle 24, es una vía arterial que moviliza entre 2000 y 3000 vehículos/hora-sentido, esto se debe principalmente al desarrollo del suelo lateral a la misma, la construcción de viviendas de uso residencial en su gran mayoría, además de importantes centros empresariales, locales comerciales e industrias. Esto hace de La Avenida La Esperanza, un corredor de gran atracción vial por la conectividad que brinda hacia el occidente y oriente de la ciudad de Bogotá.

Como consecuencia, se han afectado las condiciones de operatividad significativamente, pues es una vía que no está en capacidad de responder ante la demanda vehicular actual y en constante crecimiento. Por tanto, se presentan grandes colas y demoras prolongadas que afectan de manera importante la calidad de vida de quienes se encuentran en su área de influencia, y que usan la vía como ruta origen – destino. Respecto a la zona de estudio, se presentan las siguientes figuras asociadas al tránsito del día típico en la hora de máxima demanda de la mañana y de la tarde, las cuales fueron tomadas del S.I.G. - Google Traffic. El color verde representa un tránsito a flujo libre, el color naranja, un tránsito estable donde se empieza a restringir la velocidad deseada por el usuario, y por último, el color rojo representa condiciones de operatividad forzadas, con colas y demoras importantes.

Figura 21. Trafico del dia tipico – Lunes (mañana / tarde).

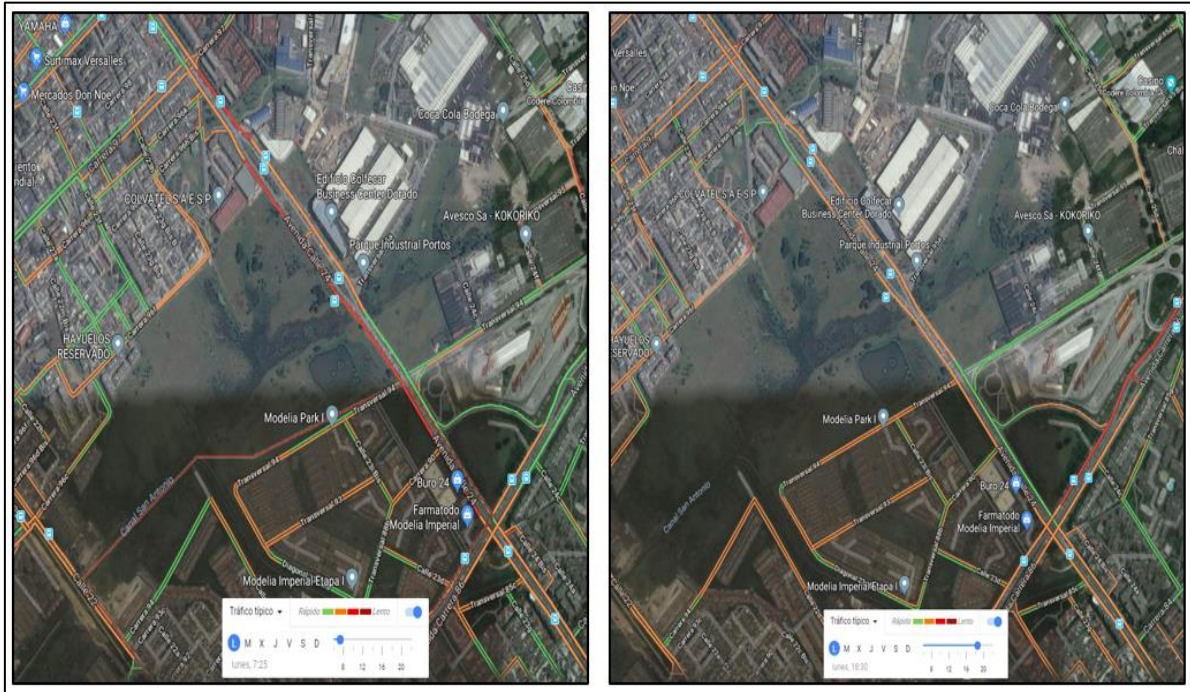


Figura 21. Tomado de Google Traffic.

Figura 22. Trafico del dia tipico – Martes (mañana / tarde).

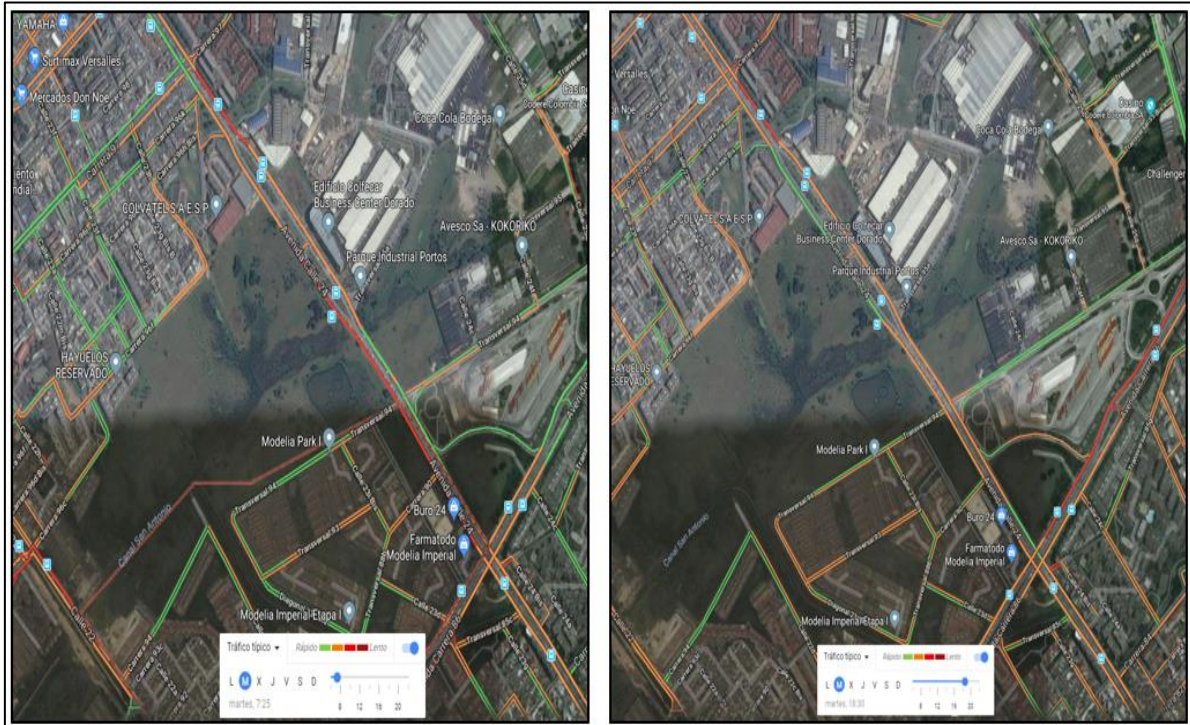


Figura 22. Tomado de Google Traffic.

Figura 23. Trafico del dia tipico – Miercoles (mañana / tarde).

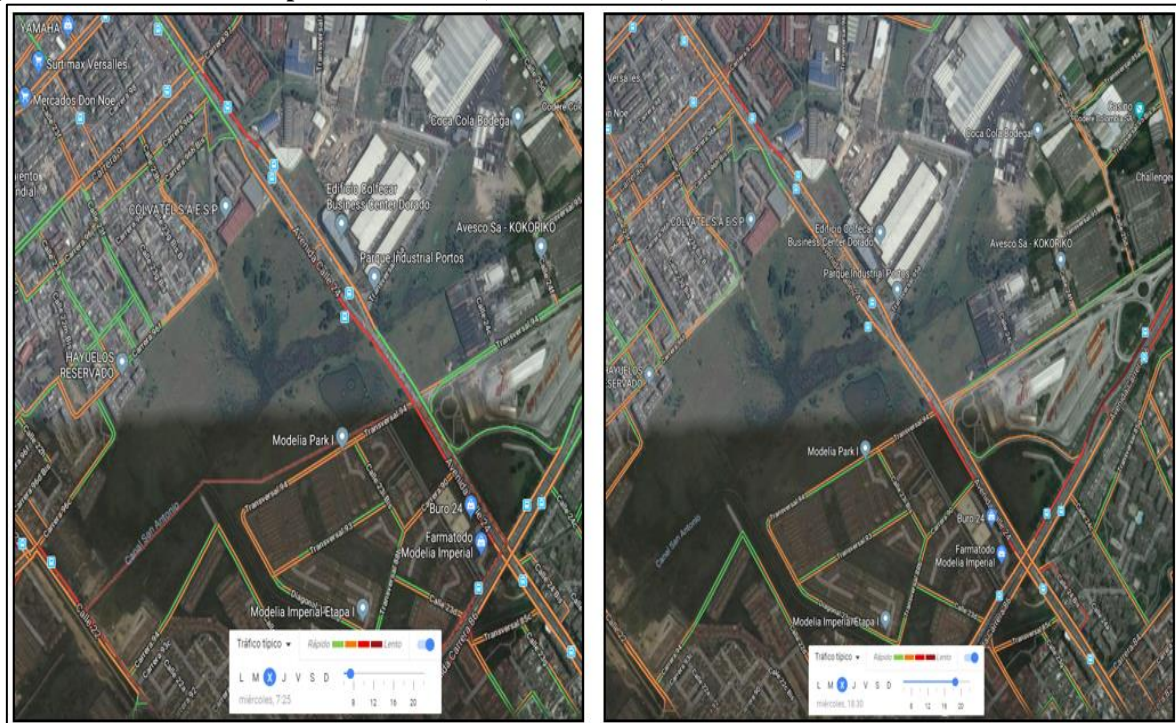


Figura 23. Tomado de Google Traffic.

Figura 24 Trafico del dia tipico – Jueves (mañana / tarde).

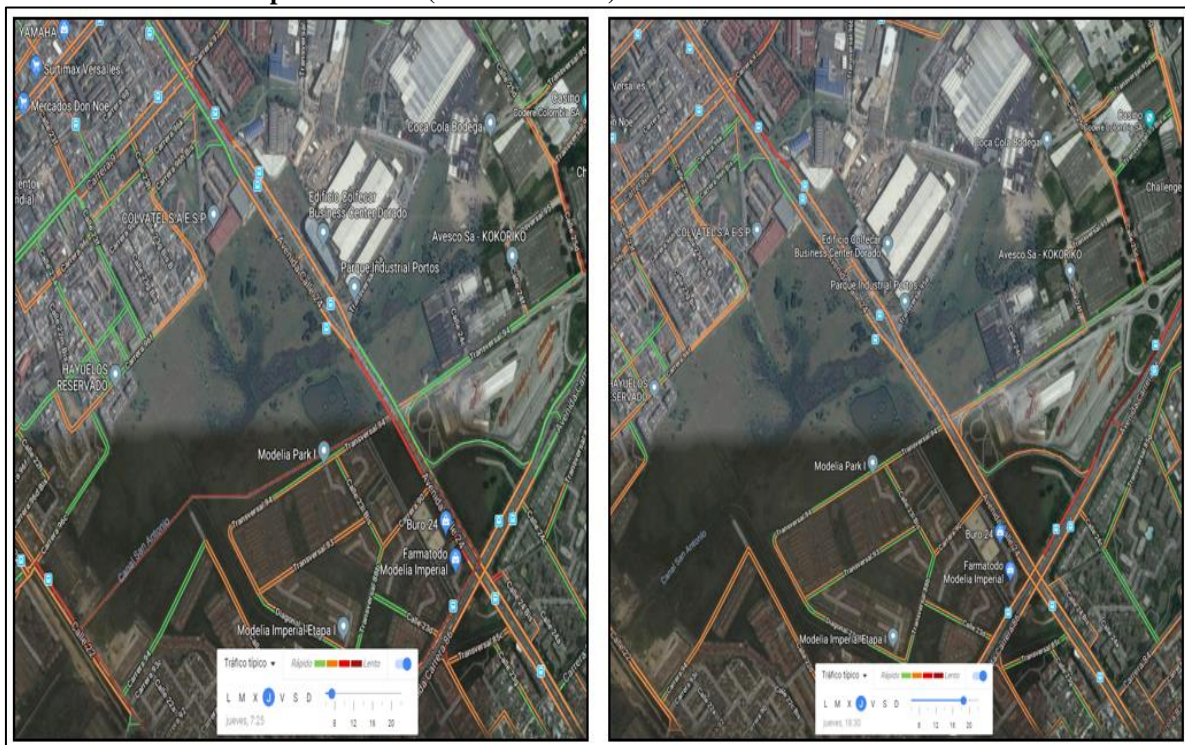
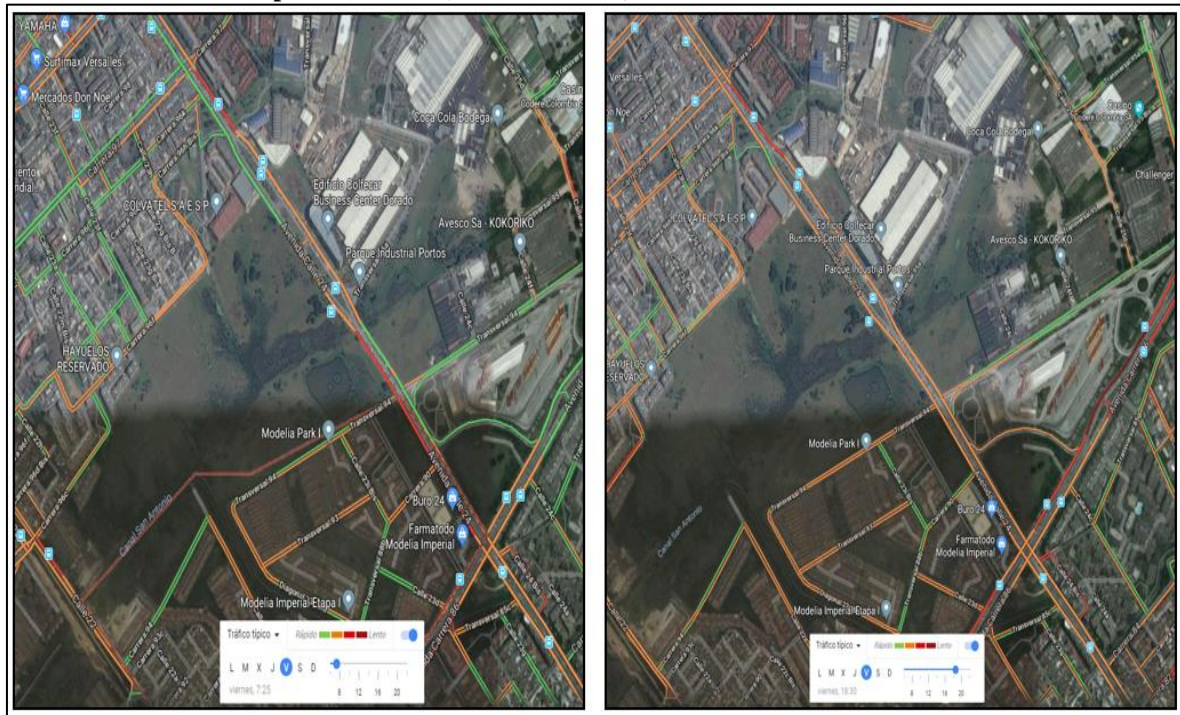


Figura 24. Tomado de Google Traffic.

Figura 25. Trafico del dia tipico – Viernes (mañana / tarde).**Figura 25:** Tomado de Google Traffic.

Como se puede observar en las figuras anteriores, la dinámica del tránsito en la mañana, congestiona el corredor de la Avenida la Esperanza en sentido occidente - oriente, principalmente entre la Carrera 100 y la Avenida Ciudad de Cali, pues hay un desplazamiento habitual hacia el trabajo, universidades, colegios, etc.; mientras que en la dinámica de la tarde, la congestión se presenta en sentido oriente – occidente, ya que las personas retornan a sus hogares después de completar su jornada laboral y académica. Por otra parte, cabe apreciar la dinámica que se presenta en sentido norte – sur y viceversa sobre la Avenida Ciudad de Cali, pues se reflejan pésimas condiciones de operatividad en ambos sentidos de circulación, esto se debe principalmente por la atractividad vial que representa un corredor de esta magnitud, el crecimiento constante de la capital como del parque automotor, y el tránsito de gran cantidad de vehículos pesados.

8.3.4 Características del sistema vial y de transporte

A nivel internacional, nacional e interdepartamental, Fontibón cuenta con el Aeropuerto El Dorado situado al occidente de la capital sobre La Avenida El Dorado, desde el cual salen vuelos hacia diferentes países y ciudades nacionales; de igual forma, se complementa con la Terminal de Transportes de Bogotá ubicada en Ciudad Salitre, donde sale la flota de autobuses y taxis hacia todos los destinos de la geografía colombiana, además de prestar los servicios de transporte de carga y encomienda mediante cinco módulos que cubren las diferentes regiones del país.

Actualmente, el sistema de transporte urbano circula por los corredores principales de la localidad (Avenida Ciudad de Cali, La Esperanza, El Ferrocarril, La Boyacá, El Centenario y la 68), teniendo como empresas prestadoras del servicio a la Compañía Metropolitana de Transportes, Transportes Fontibón, entre otras, las cuales tienen rutas que se dirigen hacia los diferentes sectores de la capital, principalmente hacia Chapinero, el Centro y la zona Norte de Bogotá, y en menor medida, hacia la zona sur; sin embargo, el sistema de transporte urbano se complementa a su vez con las rutas que vienen de Suba, Bosa y Kennedy. Adicionalmente, Fontibón ha sido de las últimas localidades en contar con el sistema masivo de transporte – Transmilenio sobre la Avenida El Dorado (Calle 26), con las estaciones: Portal El Dorado, Modelia, Normandía, Avenida Rojas y El Tiempo – Maloka, además de los paraderos de Bus dual que se ubican entre la Transversal 93 y el Aeropuerto El Dorado. En los últimos años se incorporó el servicio de buses alimentadores hacia la localidad de Fontibón con destinos hacia Fontibón centro, Zona Franca, La Estancia, Hayuelos y Villemar; y de la Estación Avenida Rojas

parte un servicio complementario hacia el barrio Modelia. A continuación, en la Figura 26, se muestra el trazado del sistema Transmilenio donde se ubican las estaciones de interés (CL 26).