DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA SUBA CON CALLE 100 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ COMO PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE MOVILIDAD EN EL SECTOR

ING. JHON JAIRO CALDERON URREGO

ING. SERGIO DAVID CRUZ DELGADO

ING. SANDRA LILIANA GALINDO SANCHEZ

ING. JONATHAN MARIN MADRID

Director:

CARLOS JAVIER GONZÁLEZ VERGARA

ITV – Esp – M Sc

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

ESPECIALIZACION EN VIAS URBANAS TRANSITO Y TRANSPORTE

BOGOTÁ, D.C.

2016

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA SUBA CON CALLE 100 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ COMO PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE MOVILIDAD EN EL SECTOR

JHON JAIRO CALDERÓN URREGO

Código: 20152014003

SERGIO DAVID CRUZ DELGADO

Código: 20152014006

SANDRA LILIANA GALINDO SANCHEZ

Código: 20152014009

JONATHAN MARIN MADRID

Código: 20152014013

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:

ESPECIALISTA EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

ESPECIALIZACION EN VIAS URBANAS TRANSITO Y TRANSPORTE

BOGOTÁ, D.C.

2016

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como punto de partida la actual problemática que enfrentan los usuarios en cuanto a temas de movilidad en la intersección vial de la Avenida Suba con Calle 100 en la Ciudad de Bogotá D.C. y plantea una alternativa de solución a la movilidad del sector.

Se busca proponer un diseño geométrico que permita eliminar la intersección semaforizada, basado en los estudios de tránsito y las condiciones evidenciadas en campo con el fin de mejorar la capacidad y el nivel de servicio de la intersección, ofrecer los diferentes giros y movimientos que actualmente no son permitidos, disminuir las colas y demoras vehiculares mediante una geometría en cumplimiento con la normatividad vigente para el diseño de vías urbanas (AASTHO 2004 – INVIAS 2008).

El presente proyecto se realizó en varias etapas dentro de las cuales se encuentran: reconocimiento del lugar y toma de información en campo (volúmenes vehiculares, peatonales, toma de velocidades, toma de tiempos de las fases semafóricas), definición de la zona de influencia e intersecciones aledañas, esquematización general de los movimientos existentes en la intersección, infraestructura, anchos de vías, carriles, separadores, tipo y estado de pavimento entre otros.

La segunda etapa consistió en realizar el procesamiento de la información de tránsito tomada en campo y establecer parámetros cómo volúmenes vehiculares y peatonales, velocidades, factor de hora pico y demás información requerida para modelar la intersección en el software Synchro 8, a fin de obtener un acercamiento más parecido a las condiciones actuales de la intersección y su funcionamiento frente a las mismas.

En la tercera etapa se realizó el diseño geométrico de la intersección propuesta mediante las herramientas que brinda el software AutoCAD Civil 3D, teniendo en cuenta que la solución que se propone contempla vías y enlaces a distintos niveles, a partir de las cuales sea posible suprimir el cruce semafórico y optimizar la operación de la intersección.

Palabras claves: Diseño geométrico, intersección, tránsito, nivel de servicio, desnivel.

ABSTRACT

This degree work has as its starting point the current problems that users face regarding issues of mobility in road intersection of Avenida Suba with 100 Street in the City of Bogotá D.C. and proposes an alternative solution to the mobility of this sector. It seeks to propose a geometric design that will eliminate the signalized intersection based on traffic studies and conditions evidenced in the field, in order to improve the capacity and level of service of the intersection, to offer different twists and movements that are currently not permitted, reducing vehicle queues and delays by a geometry design in compliance with the current regulations for the design of urban roads (AASHTO 2004 - INVIAS 2008). This project was carried out in several stages within which include: recognition of the place and making information on the field (vehicle volumes, pedestrian, making speeds, it takes time for the traffic light phases), defining the zone of influence and surrounding intersections, generally schematization of existing movements at the intersection, infrastructure, wide roads, rails, spacers, type and condition of pavement and others. The second stage was to perform processing traffic information taken in the field and set parameters such as vehicle and pedestrian volumes, speed factor in rush hour and other information required to model the intersection in the Synchro 8 software, in order to obtain a more accurate view the current conditions of the intersection and its operation against the same approach. In the third stage the geometric design of the intersection proposed using the tools provided by the AutoCAD Civil 3D

software, considering that the solution proposed contemplates routes and links at different levels, from which it is possible to suppress the crossing traffic light and optimize the operation of the intersection.

Keywords: Geometric design, intersection, traffic, level of services, slope.

Tabla de contenido

Página

1. INTRODUCCIÓN 16

Formulación del Problema: 17

2. OBJETIVOS 20

2.1. Objetivo General 20

2.2. Objetivos Específicos. 20

3. MARCO TEÓRICO.....21

3.1 Concepto de Vía Urbana.....21

3.2 Criterios de Diseño 23

3.2.1 Tránsito de Diseño.....23

3.2.2 Velocidad de Diseño.....23

3.2.3 Distancia de Visibilidad.....24

3.2.4 Pendiente Longitudinal.....24

3.2.5 Alineamientos 25

3.2.6 Pendiente Transversal. 25

3.2.7 Carriles.....26

3.2.8 Ancho de Calzada.....26

3.2.9 Según la Velocidad de Diseño 26

3.2.10 Bordillos y Bermas 27

3.2.11 Drenaje 27

3.2.12 Andenes 27

3.2.13 Ancho de Puentes 27

3.2.14 Separación Horizontal de las obstrucciones. 28

3.2.15 Gálibo. 28

3.2.16 Derecho de Vía 28

3.2.17 Servicios Públicos 28

3.2.18 Zona Fronteriza 29

3.2.19 Diseño de Intersecciones 29

3.2.20 Iluminación 29

3.2.21 Otros 30

3.3 Diseño en Planta 30

3.4 Diseño en Perfil 30

3.5 Sección Transversal 31

3.6 Intersecciones a Desnivel 31

3.7 Volúmenes de Tránsito 32

3.7.1 Proyecciones de Tránsito 32

3.7.2 Métodos de conteo 35

3.8 Estudios de Velocidad 37

3.8.1 Clasificación de velocidad 37

3.8.2 Estudio de velocidad puntual 38

3.9 Software Synchro 8 38

3.10. Señalización 40

3.10.1. Clasificación de las señales de tránsito. 41

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 43

4.1 Localización del Proyecto.....43

4.1.1 Avenida Suba: 44

4.1.2 Calle 100 46

4.1.3 Estado del pavimento 48

4.1.4 Tiempos Semafóricos 49

5. METODOLOGÍA 51

5.1 Recopilación de la información 52

5.1.1 Adquisición de la documentación existente.....52

5.1.2 Adquisición de Histórico de Volúmenes Vehiculares (Años Anteriores). 52

5.2 Toma de información en campo.....52

5.2.1 Conteos Vehiculares.....52

5.2.2 Toma de velocidades. 56

5.3 Estudio de Tránsito y Velocidades. 56

5.3.1 Tránsito. 56

5.3.2. Estudio de volúmenes peatonales 62

5.3.3. Estudio de Velocidades. 65

5.4. Planteamiento y selección de alternativas de solución. 70

5.4.1. Opción 1 70

5.4.2. Opción 2 71

6. MODELACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL Y PROPUESTA.....71

6.1. Modelación de la geometría actual con los volúmenes actuales.....72

6.1.1. Geometría Actual.....72

6.1.2. Volúmenes Actuales 74

6.1.3. Velocidades 75

6.1.4. Fases Semafóricas.....76

6.1.5. Nivel de Servicio 81

6.1.6. Modelación en 2D y 3D 82

6.2. Modelación de la geometría actual con los volúmenes futuros. 83

6.2.1. Geometría actual y volúmenes futuros 83

6.2.2. Nivel de servicio. 84

6.3. Modelación de la geometría futura con los volúmenes actuales.....85

6.3.1. Geometría propuesta 85

6.3.2. Volúmenes Actuales 86

6.3.3. Modelación en 2D y 3D 87

6.4. Modelación de la geometría actual con los volúmenes futuros. 89

6.4.1. Geometría propuesta y volúmenes futuros.....89

7. DISEÑO GEOMÉTRICO. 90

7.1 Diseño en planta. 91

7.1.1. Avenida Suba 91

7.1.2. Calle 100 91

7.1.3. Giros a la derecha. 92

7.1.4. Enlaces a la izquierda. 94

7.2. Diseño en perfil. 96

7.3. Diseño de la sección transversal. 97

8. SEÑALIZACIÓN PROPUESTA 99

8.1. Señales Reglamentarias: 99

8.2 Señales Informativas. 101

8.3 Señalización Horizontal 102

8.4 Otros dispositivos de señalización. 104

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS. 106

9.1. Geometría actual vs volúmenes actuales 106

9.2. Geometría actual vs volúmenes futuros 108

9.3. Geometría propuesta vs volúmenes actuales 110

9.4. Geometría actual vs volúmenes futuros 115

9.5. Análisis de la red con volúmenes actuales y volúmenes futuros 119

9.6. Análisis de la geometría propuesta 120

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 122

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 125

12. ANEXOS 127

Índice de Imágenes

Imagen 1: Componentes de volumen del tránsito futuro. 35

Imagen 2: Esquema de codificación de movimientos de la ETB. 36

Imagen 3: Clasificación de camiones según número y tipo de ejes. 36

Imagen 4: Interfaz Software Synchro 8. 39

Imagen 5: Ubicación de la Intersección. 43

Imagen 6: Acceso norte a la Intersección. 44

Imagen 7: Salida sur de la intersección. 45

Imagen 8: Entrada sur a la intersección. 45

Imagen 9: Salida norte de la intersección. 46

Imagen 10: Acceso occidente a la intersección. 46

Imagen 11: Salida oriente de la intersección. 47

Imagen 12: Entrada oriente a la intersección. 47

Imagen 13: Salida occidente de la intersección. 48

Imagen 14: Estado de pavimento calle 100. 48

Imagen 15: Estado de pavimento Av. Suba. 49

Imagen 16: Estado de pavimento de la intersección. 49

Imagen 17: Movimientos aforados en la intersección de la Av. Suba con Calle 100 54

Imagen 18: Movimientos aforados en la intersección de la Calle 100 con Carrera 64 54

Imagen 19: Movimientos aforados en la intersección de la Calle 100 con Carrera 53 55

Imagen 20: Formato de campo para el registro de volúmenes vehiculares 55

Imagen 21: Volúmenes totales intersección Av. Suba con Calle 100 59

Imagen 22: Codificación de movimientos en intersecciones. 64

Imagen 23: Modelación geometría actual - Synchro 73

Imagen 24: Modelación volúmenes actuales con la geometría actual. - Synchro 74

Imagen 25: Modelación velocidades tomadas. Synchro 75

Imagen 26: Composición de las fases semafóricas Av. Suba con Calle 100. Synchro.....76

Imagen 27: : Modelación fases semafóricas 1 Av. Suba Synchro 77

Imagen 28: Modelación fases semafóricas 2 Av. Suba. Synchro 77

Imagen 29: Modelación fases semafóricas 3 Av. Suba. Synchro 78

Imagen 30: Modelación fases semafóricas 1 Cra. 64 Synchro 78

Imagen 31: Modelación fases semafóricas 2 Cra 64.....79

Imagen 32: Modelación fases semafóricas 3 Cra 64 Synchro 79

Imagen 33: Modelación fases semafóricas 1 Cra 53 Synchro 80

Imagen 34: Modelación fases semafóricas 2 Cra 53. Synchro 80

Imagen 35: Nivel de servicio obtenido geometría actual vs volúmenes actuales. Synchro 81

Imagen 36: Modelación en 2D y 3D. Synchro 82

Imagen 37: Geometría actual vs volúmenes proyectados a 20 años. Synchro 83

Imagen 38: Nivel de servicio geometría actual vs volúmenes futuros. Synchro 84

Imagen 39: Geometría propuesta. Synchro 85

Imagen 40: Volúmenes actuales ajustados a la geometría propuesta. Synchro.....86

Imagen 41: Modelación en 2D geometría propuesta. Synchro 87

Imagen 42: Modelación en 3D geometría propuesta 88

Imagen 43: Modelación de la geometría propuesta vs los volúmenes finales. Synchro.....89

Imagen 44: Dimensiones vehículo de diseño. 93

Imagen 45: Vehículo de diseño de acuerdo al tipo de vía.....94

Imagen 46: Señal reglamentaria de Ceda el Paso 99

Imagen 47: Señal reglamentaria Prohibido Adelantar 100

Imagen 48: Señal reglamentaria Velocidad Máxima.....100

Imagen 49: Señal reglamentaria Altura Máxima Permitida 101

Imagen 50: Líneas de demarcación bordes de vía carriles. 102

Imagen 51: Señalización de rampas de salida y acceso 103

Imagen 52: Demarcación de divergencia y convergencia.....103

Imagen 53: Señalización horizontal de Ceda el Paso 104

Imagen 54: Demarcación de Curva horizontal.....104

Imagen 55: Demoras por vehículos detenidos - condiciones actuales. Synchro 107

Imagen 56: Demoras generadas por los volúmenes futuros en la geometría actual 109

Imagen 57: ICU por enlaces en la geometría propuesta. Synchro.....112

Imagen 58: Demoras generadas con la geometría propuesta vs volúmenes actuales. Synchro .113

Imagen 59: Colas generadas geometría propuesta vs volúmenes actúales. Synchro.....114

Imagen 60: ICU obtenido geometría propuesta vs volúmenes futuros. 116

Imagen 61: Demoras obtenidas geometría propuesta vs volúmenes futuros. 117

Imagen 62: Colas generadas en la geometría propuesta a 20 años. 118

Índice de tablas

Tabla 1: Pendientes longitudinales máximas permitidas. 24

Tabla 2: Hora de máxima demanda, factor de hora pico, y porcentajes totales de acuerdo al tipo de vehículo.....58

Tabla 3: Proyección poblacional a 2020. 60

Tabla 4: Tasa de crecimiento poblacional anual. 60

Tabla 5: Volumen obtenido a 2036. 61

Tabla 6: Aforos peatonales totalizados 64

Tabla 7: Toma de velocidades Av. Suba 66

Tabla 8: Determinación de velocidades a partir de los percentiles. 67

Tabla 9: Tabla de distribución de frecuencias 67

Tabla 10: Número de intervalos de clase por tamaño de muestra. 70

Tabla 11: Parámetros de diseño 90

Tabla 12: Longitud de carriles de cambio de velocidad. 95

Tabla 13: Longitud de carriles de cambio de velocidad - 2. 96

Tabla 14: Anchos de carril de acuerdo al radio de giro 98

Tabla 15: Tabla de peraltes Max. 4% - vías urbanas. 98

Tabla 16: Espaciamiento de señal de demarcación en curvas 105

Tabla 17: LOS a partir del ICU 110

Tabla 18: Comparativo de condiciones. 121

Índice de gráficas

Gráfica 1: Secuencia metodológica. 51

Gráfica 2: Composición vehicular hora de máxima demanda 58

Gráfica 3: Regresión lineal para proyección de volúmenes. 61

Gráfica 4: Composición de los volúmenes peatonales.....65

Gráfica 5: Histograma y polígono de frecuencias de velocidades puntuales 68

Gráfica 6: Ojiva porcentual velocidades 68

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población y el incremento anual del parque automotor son factores significativos que hacen que las vías de la ciudad se vean día a día más congestionadas, volviéndose cada vez menos eficientes. Si a esto se añade el escaso número de opciones que tienen los usuarios para desplazarse de un destino a otro de manera ordenada, teniendo en cuenta que deben tomar rutas alternativas más largas y con mayor congestión, la infraestructura vial de la ciudad constantemente se ve sometida a condiciones de uso críticas y con un mayor riesgo de accidentalidad.

Por otra parte, la falta de mantenimiento a la existente y la construcción de nueva infraestructura vial, la expansión del suelo urbano y el crecimiento socioeconómico de la ciudad de Bogotá, han generado mayores tiempos de viaje y mayor congestión en las vías existentes.

La intersección objeto de estudio no está exenta de esta problemática ya que tanto la Avenida Suba como la calle 100 son dos importantes vías, que pertenecen a la malla arterial intermedia de la ciudad. La Avenida Suba nace en la localidad de Suba, se conecta con la carrera 30 (NQS) en la calle 80 y hace parte del sistema masivo de transporte Transmilenio. La calle 100 por su parte, conecta la ciudad desde la carrera séptima al oriente y se convierte en la Avenida 68 a la altura de la Floresta, un sector de gran ocupación comercial y residencial.

Una de las causas de la congestión en dicha intersección es por una parte la geometría de la Avenida Suba, dado que antes y después de su paso por la calle 100, se tiene una geometría reducida que en las horas de mayor convergencia vehicular genera largas colas al encontrarse en condiciones de saturación. Además de esto, el giro que regula actualmente el sistema semafórico de la Avenida Suba para tomar la Calle 100 al oriente hace que el considerable volumen vehicular

que circula por la calle 100 se vea sometido a largas colas y a su vez el que transita por la Avenida Suba, generando demoras que se traducen en trancones y embotellamientos en las vías aledañas. Adicionalmente también se tiene transporte público con sus respectivos paraderos a lo largo de esta vía generando también reducción en las velocidades de operación vehicular en las horas de máxima demanda.

Formulación del Problema:

¿Trae beneficios para el sector en el ámbito de movilidad, el planteamiento de una intersección no semaforizada para la Avenida Suba con Calle 100 que permita a los usuarios realizar cualquier tipo de movimiento desde sus diferentes accesos y evite a los usuarios verse sometido a las colas que genera una intersección semaforizada y a los largos recorridos entre las calles aledañas para llegar a su destino?

Actualmente la intersección está regulada por control semafórico y tiene paso a nivel. Tanto la avenida Suba como la calle 100 soportan un alto porcentaje de transporte privado y público constituido por vehículos livianos en su gran mayoría, seguidos por el transporte público colectivo conformado por buses articulados y biarticulados del sistema Transmilenio y buses, busetas y colectivos del sistema SITP respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior se solicitó la información pertinente a la Secretaría Distrital de Movilidad encontrando que existe una estación maestra ubicada en la intersección la cual realizó aforos vehiculares durante los años 2013, 2014 y 2015. Para el año 2015 se encontró un volumen total aforado durante el día de 157.211 vehículos mixtos. La hora pico total de la intersección se registra entre las 17:30 y las 18:30 horas, periodo en el que se movilizó un total de 10.280 vehículos mixtos, de los cuales el 63,7 por ciento corresponde a vehículos livianos, el 26,1 por ciento a

motos, el 7,7 por ciento a transporte público colectivo y masivo y el 1,2 por ciento a camiones (Fuente: SDM).

De acuerdo a la problemática expuesta, es necesario brindar alternativas que permitan a los usuarios del transporte público y privado disminuir los tiempos de viaje y los costos generados por los mismos, por lo que el presente trabajo analiza inicialmente las condiciones actuales de operación y presenta como alternativa una intersección a desnivel, que permita flujos vehiculares continuos y todos los movimientos vehiculares requeridos para su optima funcionalidad.

Además de esto, un usuario que requiera efectuar un giro a la izquierda sin importar su acceso de origen, actualmente debe dirigirse a realizar esta maniobra de manera interna por las vías locales, generando a su vez una mayor congestión en las intersecciones aledañas, a lo se pretende dar solución con el planteamiento de los enlaces a la izquierda desde el origen del movimiento hasta su destino.

Por tal razón, el presente trabajo de grado tiene como objetivo principal proponer una alternativa para mejorar las condiciones de movilidad en la intersección ubicada en la Avenida Suba con Calle 100 a partir de las situaciones actuales de geometría e infraestructura, de tal manera que un usuario que transita por dicho punto tenga la facilidad de cambiar el curso de su recorrido de acuerdo a sus necesidades de manera ordenada y en condiciones de seguridad y comodidad.

La metodología utilizada se dividió en tres etapas dentro de las cuales se realizó el análisis en terreno del funcionamiento actual de la intersección, la toma de información en campo referente a los volúmenes vehiculares, las velocidades de operación, el funcionamiento y la distribución de las fases semafóricas de la intersección en conjunto con los cruces también semaforizados aledaños, de tal manera que fuera posible modelar el corredor al cual pertenece la Avenida Suba con Calle 100 y su influencia sobre las intersecciones aledañas y la infraestructura existente. Como

segunda etapa se realizó el procesamiento de información de tránsito requerida para realizar las diferentes modelaciones de condiciones en el software Synchro 8.

Finalmente, como tercera etapa se realizó el diseño geométrico en el software AutoCAD Civil 3D de la alternativa que se propone, como una intersección no semaforizada, en la cual fue deprimido el corredor de la Avenida Suba en sentido Norte – Sur y Sur – Norte, fue mantenida a nivel la geometría de la calle 100 en sentido Este – Oeste y Oeste – Este así como para los giros a la derecha y fueron propuestos enlaces a desnivel para los giros izquierdos desde cualquier origen hacia cualquier destino, teniendo como característica de consideración especial los gálibos necesarios existentes entre los enlaces para permitir el paso de los vehículos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Plantear una alternativa no semaforizada para la intersección de la Avenida Suba con Calle 100 como solución a la movilidad del sector, ofreciendo un diseño geométrico ajustado a la normatividad en diseño de vías urbanas y brindando un nivel de servicio adecuado para la movilidad en este sector de la ciudad.

2.2. Objetivos Específicos.

- Realizar las visitas de reconocimiento y toma de datos de la intersección objeto de estudio ubicado en la Avenida Suba con Calle 100 y zonas aledañas.
- Reconocer e identificar los movimientos existentes y los que se requieren solucionar en el desarrollo de la intersección.
- Tabular la información obtenida en campo y realizar el respectivo estudio de tránsito y velocidades.
- Obtener las modelaciones de las diferentes condiciones mediante el Software Synchro 8, teniendo en cuenta aspectos cómo geometría actual y propuesta vs su comportamiento con los volumen actuales y futuros.
- Evaluar las ventajas y desventajas del diseño propuesto desde el punto de vista de las demoras y la continuidad de la corriente vehicular flujo vehicular

3. MARCO TEÓRICO

Las redes viales urbanas surgen de la conjugación de múltiples líneas de deseo de viaje que conectan orígenes con destinos. Tales líneas están asociadas a diferentes niveles de demanda y a zonas atractoras y generadoras de viajes. Así las redes están configuradas básicamente en función de dos aspectos; por una parte, del modelo de movilidad y la oferta requerida para suplir los viajes de corta, media y larga distancia, y por otra, del modelo de ciudad y el ordenamiento de la estructura territorial, la cual a su vez se encuentra ligada a la distribución de los usos del suelo y las actividades económicas.

3.1 Concepto de Vía Urbana

Las vías urbanas son una infraestructura de transporte cuyo fin es propiciar un medio físico para la circulación de los vehículos, ciclistas y peatones, bajo condiciones adecuadas de seguridad y comodidad que permitan el uso armónico de ella por todos los usuarios. Su principal función es proveer un flujo continuo y rápido al tránsito para transportarlo en trayectos de largas distancias, no siendo la prioridad de estas vías generar el desarrollo de las zonas aledañas o colindantes con la vía sino la calidad y servicio al tráfico que le transita.

Estas se organizan en orden de importancia de la siguiente manera:

- *Arterias Principales*: En su mayoría son vías de acceso total o parcialmente controlado que deben integrarse tanto internamente como con las principales vías rurales que llegan o atraviesan la ciudad. Suple los principales centros de actividad, los más largos deseos de viaje, los corredores de volúmenes de tránsito más alto y son las principales encargadas de trasladar las rutas de transporte masivo. En algunas ocasiones aloja la

mayoría de los viajes que entran y salen de la zona urbana, así como aquellos que quieren evitar el centro de la urbe.

- *Arterias Menores*: Dentro de ellas se incluyen todas las arterias no clasificadas como principales y son las encargadas de articular operacionalmente el sistema de mallas restante. Esta es el soporte básico para el transporte privado y para las rutas alimentadoras de los sistemas de transporte masivo, dado que conecta y complementa el sistema arterial principal.
- *Vías Colectoras*: Estas vías permiten establecer un enlace entre las vías arteriales y las zonas residenciales, comerciales e industriales de la ciudad, las cuales a su vez también puede permitir el tránsito rutas de buses locales.
- *Caminos o Calles Locales*: Por lo general estas vías no permiten el tráfico del transporte público urbano; su principal función es permitir el acceso directo a la propiedad y conectar a los usuarios con los otros sistemas[1].

La función principal de las calles arteriales es proveer un flujo continuo y rápido al tránsito para transportarlo en trayectos de largas distancia, por ello el acceso a estas vías es total o parcialmente controlado, no siendo la prioridad de estas vías generar el desarrollo de las zonas aledañas o colindantes con la vía sino la calidad y servicio al tráfico que le transita. Con base en lo anterior, las vías arteriales abarcan desde las vías con accesos totalmente controlados (autopistas o arterias principales), hasta las calles arteriales de dos carriles (arterias secundarias) con control de acceso parcial. El diseño de este tipo de vías abarca dos aspectos:

[1]GONZÁLEZ VERGARA, Carlos J. *Notas de Clase de Diseño Vial Urbano II. Universidad Distrital (2013).*

- El diseño de arterias y tramos de ellas totalmente nuevos, donde existe disponibilidad de terreno para el dimensionamiento de la vía de acuerdo con los parámetros o criterios de diseño.
- El mejoramiento de arterias existentes o la conversión de un conjunto de calles colectoras para ser convertidas en arterias, en este caso resulta oneroso el proyecto, por la adquisición de predios, razón por la cual deberá reducirse los parámetros de diseño.

3.2 Criterios de Diseño

Además de aspectos como la seguridad, comodidad, funcionalidad, estética y economía los cuales deben ser tenidos en cuenta para el diseño de cualquier tipo de vía, a continuación, son mostrados otros criterios que deben ser tenidos en cuenta en el diseño de vías urbanas, los cuales deben encontrarse en condiciones adecuadas de interrelación.

3.2.1 Tránsito de Diseño.

El diseño geométrico de este tipo de vías debe estar soportado en el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD), por lo cual deben ser realizados los adecuados estudios y proyecciones para periodos de diseño de 20 años, que permitan definir las características de la vía, teniendo en cuenta que las mejoras futuras o posteriores a la construcción demandan una alta inversión debida a la adquisición predial, salvo que se reserven zonas para este fin desde la proyección inicial de la vía.

3.2.2 Velocidad de Diseño.

La velocidad de diseño es uno de los elementos básicos para el diseño geométrico y el cálculo de componentes importantes como el alineamiento horizontal, radios mínimos, pendientes

máximas, peraltes, distancias de visibilidad, anchos de carril, etc. Debe ser regulada, estudiada y controlada de tal manera que permita un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la carretera en busca de garantizar siempre las condiciones de seguridad. Los valores recomendados están alrededor de los 60 a 100 km/h. eventualmente se pueden concebir velocidades bajas de hasta 50 Km/h. la cual se utilizará en las zonas centrales y las altas velocidades hacia las zonas mejor desarrollados alejadas del centro de la ciudad.

3.2.3 Distancia de Visibilidad.

La distancia de visibilidad de parada estará en función de la velocidad de diseño. Para el establecimiento de la distancia de visibilidad de cruce, debe ser tenido en cuenta el tipo de dispositivo que controla el cruce y el tipo de vía de origen y destino.

3.2.4 Pendiente Longitudinal

Las vías arteriales deben ser tan planas como lo permita la topografía, pues esta incide directamente en la operación de la vía. Para efectos de diseño, en cualquier caso, la pendiente longitudinal debe superar el 0.5 % en cumplimiento con las condiciones de drenaje, para el caso de las pendientes máximas en porcentaje se tiene:

Tabla 1: Pendientes longitudinales máximas permitidas.

VELOCIDAD DE DISEÑO	**TIPO DE TERRENO**		
Km /h	Plano	Ondulado	Montañoso
50	8 %	9 %	11 %
60	7 %	8 %	10 %
70	6 %	7 %	9 %

80	6 %	7 %	9 %
90	5 %	6 %	8 %
100	5 %	6 %	8 %

Fuente: AASTHO 2011

3.2.5 Alineamientos

En condiciones ideales deben obtenerse alineamientos que se desarrollen de la manera más directa posible de acuerdo con las normas de vías rurales, esto es aplicable a diseños nuevos donde no existan restricciones prediales para el desarrollo del diseño. Sin embargo, habrá casos donde lo anterior no es posible y se requerirán incluir deflexiones en el trazado y las intersecciones. En arterias de baja velocidad debe procurarse emplear los parámetros máximos de diseño pues generalmente en este tipo de vías no se emplea el uso del peralte.

3.2.6 Pendiente Transversal.

3.2.6.1 Bombeo

Deberá proveerse el adecuado bombeo que garantice el correcto drenaje de la vía, evitando riegos de salpicaduras e hidroplaneo los cuales se incrementan con las altas velocidades. El bombeo puede estar comprendido entre el 2% y el 3%.

3.2.6.2 Peralte

Por las condiciones urbanísticas de las vías arteriales de bajas velocidades, que incluyen intersecciones a nivel, la aplicación del peralte es complicada e indeseable; por esto generalmente no se dispone de peralte y se contrarresta la acción dela fuerza centrífuga con la fricción. En arterias principales donde resulte ventajoso la implementación del peralte para la operación del tránsito se debe emplear una tasa máxima del 6%, o menor, preferiblemente del 4%.

3.2.7 Carriles

El ancho de carril oscilará entre 3.0 a 3.6 metros, cuando se utilice ancho de 3.0 m será restringido el tránsito de vehículos pesados (zonas urbanas). Los anchos de 3.3 m son bastante empleados en el diseño de vías arteriales, aun cuando es más deseable el ancho de 3.6 m, especialmente para altas velocidades. Carriles de 3.3 m se utilizan para giros a la izquierda o carriles adyacentes al separador central. El número de carriles varía de 4 a 8, para su determinación deberán realizarse estudios de capacidad de la vía. En la proximidad a intersecciones puede ser necesario incluir uno o más carriles para los vehículos que giran. Para el caso de los ramales de enlace que ingresan o giran dentro de la intersección, deben ser tenidos en cuenta los anchos de carril establecidos por la normativa de AASTHO (2004).

3.2.8 Ancho de Calzada

Será el necesario para albergar los carriles, bermas o bordillos y barreras de seguridad que se requieran. En estas vías no se acostumbra diseñar carril de estacionamiento, si eventualmente hay que hacerlo, se proyectará como un carril adicional futuro o para la realización de giros en intersecciones.

3.2.9 Según la Velocidad de Diseño

En este tipo de vías la inclusión del separador central es prácticamente una condición de seguridad, sin embargo, en aquellas zonas que por espacio del derecho de vía sea imposible su construcción podrá omitirse, en todo caso es preferible contar con una barrera aisladora de los sentidos de tráfico que no contar con nada. Cuando se prevean giros a la izquierda, la mediana deberá tener por lo menos un ancho de 3.6 m, siendo deseable un ancho de 5.4 m. (carril de 3.6 m. y separador de 1.8 m.); en zonas con espacio restringido podrá utilizarse un carril de 3.0 m y una

mediana de 0.6 m. Debe evitarse las aberturas en el separador, dejándose estas únicamente para las intersecciones, en éstas deberá proveerse el ancho suficiente para que albergue vehículos que realizan la maniobra de cruce, el ancho de la abertura deberá ser el de la calzada que cruza, pero como mínimo corresponderá a 12 m.

3.2.10 Bordillos y Bermas

En vías arteriales urbanas como en las carreteras rurales es deseable, por factores de seguridad y operación, la construcción de bermas, ya que además de sus ventajas conocidas, pueden convertirse en carriles de cambio de velocidad. Pese a lo anterior su uso no es tan común por los altos costos del espacio público urbano, razón por la cual son más empleados los bordillos tipo barrera.

3.2.11 Drenaje

Como en todo tipo de vía el diseño del drenaje es un factor de gran importancia en la operación y seguridad de la vía, por lo cual es necesario proveer los sumideros que sean necesarios para garantizar su funcionamiento de manera eficiente, en las arterias sin bermas, el sistema de drenaje se ubicará en el carril izquierdo generalmente.

3.2.12 Andenes

En este tipo de vías los andenes deben incluir una faja de amortiguación entre la calzada y la zona de tránsito peatonal.

3.2.13 Ancho de Puentes

Debe ser el mismo que existe en la vía de aproximación medido entre bordillos. Debe proporcionarse al menos un andén en el puente. En puentes de longitud superior a 60 m. el ancho

mínimo para ubicación de barandas y andenes es de 1.2 m. a cada lado del puente. En caso de requerirse la utilización de un puente de tipo vehicular, debe conservarse cómo mínimo la sección trasversal del tramo de acceso y salida del puente, bajo ninguna circunstancia este ancho debe ser reducido.

3.2.14 Separación Horizontal de las obstrucciones.

Lo recomendable es tener zonas laterales despejadas a ambos lados de la vía arteria, si lo anterior no es posible la separación mínima despejada de 0.50 m. preferiblemente 1 m detrás de la cara del bordillo. Cuando no se cuente con desplazamiento peatonal o éste este bien retirado, las barreras y obstáculos deberán colocarse alejados y con materiales rompibles al impacto.

3.2.15 Gálibo.

Debe encontrarse entre 6.0 y 6.60 metros para albergar el gálibo y la estructura.

3.2.16 Derecho de Vía

Debe incluir el ancho de corona planeada, incluyendo el separador central, las bermas, la zona verde, los andenes, elementos de servicio público y el ancho para los taludes de ser necesario.

3.2.17 Servicios Públicos

Adicional a la función de servir al tránsito, las arterias pueden proveer el espacio requerido para acomodar las obras de servicios públicos, sin embargo, la construcción o mantenimiento de estos debe planificarse de manera tal que produzca el menor traumatismo al tránsito sin que esto afecte las condiciones de visibilidad necesarias por el usuario.

3.2.18 Zona Fronteriza

Será de gran utilizad proveer una faja intermedia entre la calzada y el andén, faja que se utilizará para desarrollo paisajístico, ubicación de redes de servicios, que brindará un ancho de protección o zona de aislamiento entre el tráfico y los peatones. El ancho mínimo del andén más la faja de protección o zona verde debe ser 2.4 m. pero preferiblemente de 3.6 m. o mayor si se planea construir ciclo-vías en la zona.

3.2.19 Diseño de Intersecciones

El volumen del tránsito, el esquema de movimientos que éste realice y la composición vehicular del mismo, definirán los anchos de carriles, incluidos los auxiliares necesarios en una intersección, el tipo de intersección y sus dispositivos de control, la demarcación, disposición de isletas, carriles de giro, etc.

3.2.20 Iluminación

Con el fin de garantizar la visibilidad constante a lo largo del tiempo, es necesario proveer a las calles de una adecuada iluminación que garantice en la noche las mismas condiciones de visibilidad que en el día, situación que permitirá el desarrollo del tráfico en condiciones similares a cualquier hora del día o la noche. Otros factores secundarios que inciden en la selección de la iluminación están relacionados con los índices de accidentalidad, delincuencia, necesidades de la comunidad, entre otros, es por ello que el diseño de la iluminación no puede clasificarse para calles locales, colectoras, arteriales o principales, sino que se rige por parámetros tales como: el volumen peatonal y/o vehicular, las tasas de accidentes al amanecer, la geometría de la vía, curvas, intersecciones, zonas de entrelazamiento, que en cada caso exigen un adecuado estudio para determinar la iluminación.

3.2.21 Otros

Dentro del diseño deberá tenerse en cuenta la señalización y demarcación de las calles, la cual se ejecutará de acuerdo con Manual de Señalización Vial – Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia vigente, el desarrollo paisajístico de la vía, que deberá ser diseñado por un experto y la eventual adecuación de ciclo vías, las cuales se diseñarán de acuerdo con el Manual de Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Ciclorrutas de la Secretaria de Tránsito y Transporte de Bogotá D.C.[2]

3.3 Diseño en Planta

Proyección sobre un plano horizontal del eje real de la vía, constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño.

3.4 Diseño en Perfil

El alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.[3]

[2] GONZÁLEZ VERGARA, Carlos J. *Notas de Clase de Diseño Vial Urbano II. Universidad Distrital (2013).*
[3] INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá. (2008).

3.5 Sección Transversal

La sección transversal de la vía corresponde a un corte vertical normal al eje del alineamiento horizontal, definiendo la ubicación y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman dicha infraestructura en un punto cualquiera y su relación con el terreno natural y los elementos adyacentes.

3.6 Intersecciones a Desnivel

Las intersecciones a desnivel pueden ser separaciones a nivel, que no permiten conectividad entre las vías que se cruzan, o distribuidores o intercambiadores viales que permiten el de una vía a otra. Un distribuidor es un sistema de interconexión de plataformas junto con una o más separaciones a nivel. (Fuente: AASHTO)

Justificación para una separación de nivel:

a) Designación del diseño

b) Reducción de cuellos de botella o puntos de congestión

c) Mejoramiento de la seguridad

d) Topografía del lugar

e) Beneficios del usuario

f) Justificación del volumen

En cada propuesta de diseño debe tomarse una decisión si la vía Principal debe pasar por encima o por debajo de la estructura. Generalmente esta decisión es definida por la topografía o por la clasificación de las vías, Cuando la topografía no gobierna, como sucede en el terreno plano, se

deben estudiar factores secundarios, tales como la optimización de presupuesto o costos de la intersección.

3.7 Volúmenes de Tránsito

Se refiere al número de vehículos que pasan por la sección transversal de una vía durante un periodo de tiempo determinado. Para el cálculo de este se utilizan diferentes métodos:

- Volúmenes absolutos o totales, en donde se encuentran los conteos de tránsito anual (TA), tránsito semanal (TS), tránsito diario (TD), tránsito horario (TH), y tasa de flujo (q).
- Volúmenes de tránsito promedio diarios: que incluyen los conteos de tránsito promedio diario anual (TPDA) y tránsito promedio diario semanal (TPDS).
- Volúmenes de tránsito horario: Volumen horario máximo anual (VHMA), volumen horario de máxima demanda (VHMD) y volumen horario de proyecto (VHP).

3.7.1 Proyecciones de Tránsito

Los volúmenes de tránsito futuro (TF) para efectos del proyecto son obtenidos a partir del Tránsito Actual (TA) y el Incremento del Tránsito esperando al final del periodo la meta seleccionada.

Para calcular el Tránsito Futuro Se utiliza la siguiente expresión:

$$TF=TA+IT$$

Donde TA: Tránsito Actual

IT: Incremento del tránsito

3.7.1.1 Tránsito Actual (TA):

Hace referencia al volumen de tránsito que se usara en la vía en el momento de quedar completamente en servicio. También puede ser establecido a partir de aforos vehiculares sobre vías aledañas que influyan sobre el nuevo proyecto. Al ser un proyecto puesto en servicio por primera vez, el tránsito actual se compone completamente del Tránsito Atraído.

3.7.1.2 Incremento de Tránsito (IT):

Según Cal y Mayor (2007) es el volumen de tránsito que se espera haga uso de la nueva vía en el año al cual se hace la proyección, también denominado año de proyecto. Este a su vez se encuentra compuesto del crecimiento normal del tránsito (CNT), del Tránsito Generado (TG) y del Tránsito Desarrollado (TD).

3.7.1.3 Crecimiento Normal del Tránsito (CNT):

Representa el incremento del volumen de tránsito generado a raíz del aumento normal en el uso de los vehículos como respuesta al deseo de movilización de los usuarios, la flexibilidad ofrecida por el vehículo y el aumento en la producción, los cuales hacen que constantemente esta componente del tránsito siga aumentando, teniendo en cuenta que es necesario tener cuidado en la utilización de los indicadores del crecimiento del parque automotor para propósitos de proyecto a pesar de que guarda cierta correlación en su aumento simultaneo con el TPDA.

El incremento del tránsito (IT) se expresa así:

IT=CNT+TG+TD

3.7.1.4 Tránsito Generado (TG):

Se definen así aquellos viajes vehiculares distintos a los del trasporte público que no tendrían lugar si no se contara con una nueva estructura vial. Éste a su vez se encuentra compuesto por tres

categorías de gran importancia: el tránsito inducido, o nuevos desplazamientos que previamente no han sido realizados por ningún modo de transporte; el tránsito convertido, o nuevos viajes que previamente se hacían masivamente en taxi, autobús, tren, avión o barco, y que gracias a la nueva vía ahora serian realizados en vehículos particulares y el tránsito trasladado, consistente en viajes previamente hechos a destinos completamente diferentes, atribuibles a la atracción de la nueva carretera y no al cambio en el uso del suelo.

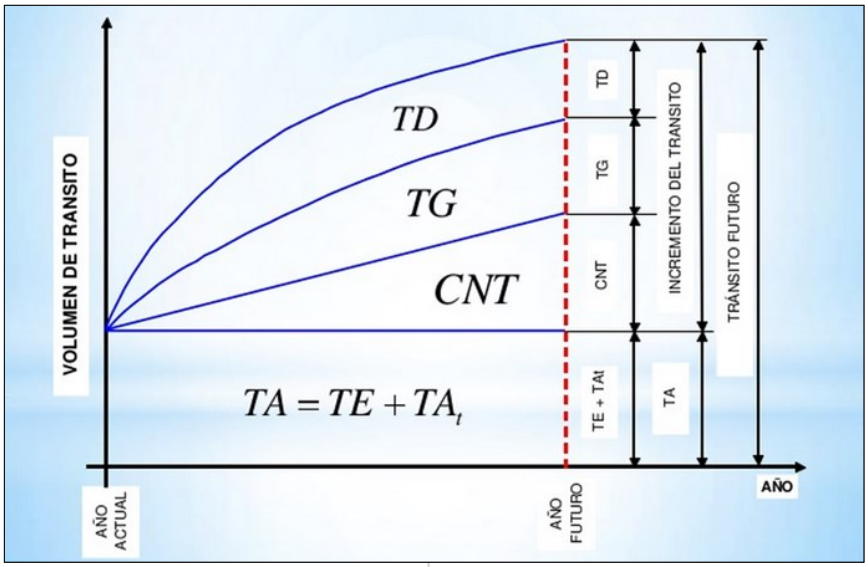
Las tasas de crecimiento asignadas al tránsito generado fluctúan entre el 5 y el 25 % del tránsito actual, con un periodo de generación de uno o dos años después de que la vía ha sido puesta en servicio.

3.7.1.5 Tránsito Desarrollado (TD):

Describe el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la nueva vía y a diferencia del tránsito generado, el tránsito desarrollado continúa actuando por muchos años más después de que la nueva estructura vial ha sido abierta al servicio.

El incremento del tránsito debido al desarrollo normal del suelo adyacente forma parte del crecimiento normal del tránsito, por lo tanto, éste no se considera como una parte del tránsito desarrollado. Pero la experiencia indica que, en vías construidas con altas especificaciones, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal, generando valores del orden del 5 % del tránsito actual. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra de manera gráfica el comportamiento de la composición vehicular de acuerdo a sus variables (CNT, TG, TD).

Imagen 1: Componentes de volumen del tránsito futuro.



Fuente: Ingeniería de Tránsito y Transporte. Ing. Henry Martínez

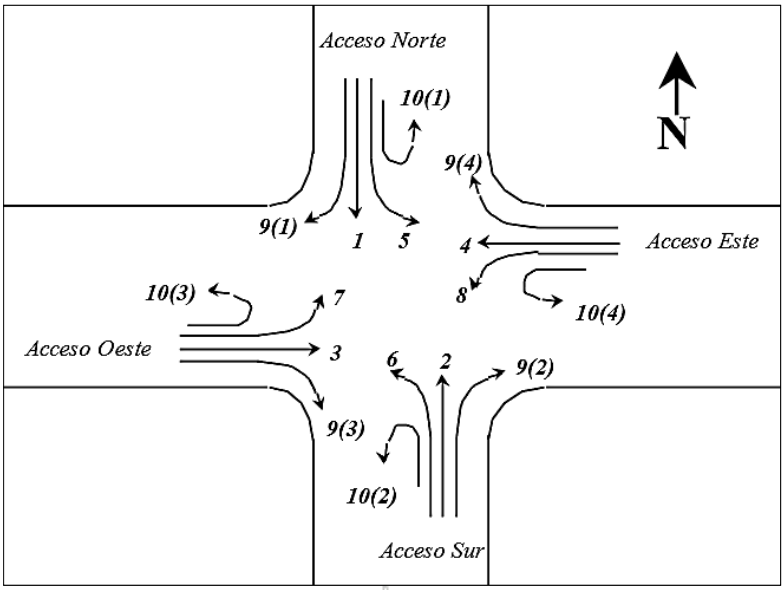
3.7.2 Métodos de conteo

Dentro de los métodos de conteo se pueden mencionar los de tipo mecánico o manuales. En los primeros, se emplean dispositivos mecánicos portátiles y fijos que permiten realizar el conteo en función del tipo de detección como por ejemplo de neumáticos, magnéticos, entre otros. El método manual emplea personal de campo que puede recolectar información más detallada dependiendo del tipo de estudio y de la capacitación del personal.

Los periodos de conteos se pueden llevar a cabo en una semana, en 24 horas, en 7 o 3 días, en 16 o 12 horas, en periodos picos cuando ocurre la mayor demanda de tránsito y en periodos largos con la ayuda de métodos mecánicos.

Para la adquisición de la información en campo de manera ordenada y clara, es posible emplear la codificación de los movimientos establecida por la Empresa de Teléfonos de Bogotá, según lo mostrado en la ilustración 2.

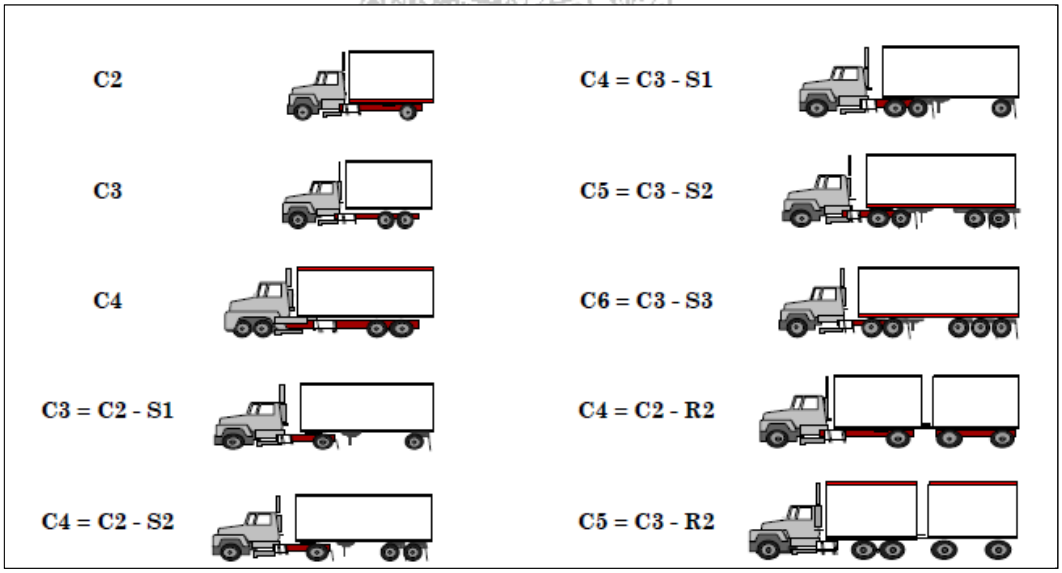
Imagen 2: Esquema de codificación de movimientos de la ETB.



Fuente: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y El transporte en Santa Fe de Bogotá, Cal y Mayor y Asociados. SC 1998.

Con el fin de realizar la clasificación de los vehículos y obtener la composición vehicular, se tuvo en cuenta los automóviles que corresponden a los de peso liviano, los buses y busetas, motos y los camiones, los cuales se clasifican de acuerdo a la figura 2.

Imagen 3: Clasificación de camiones según número y tipo de ejes.



Fuente: (INVIAS 2008)

3.8 Estudios de Velocidad

La velocidad que pueden desarrollar los vehículos por una vía, su inverso y el tiempo que tardan en recorrer una distancia dada, se usan con frecuencia para evaluar la calidad del servicio que está prestando esa vía a sus usuarios, especialmente en el medio urbano.

Es de vital importancia conocer la velocidad, ya que a partir de éste concepto se determinan diferentes elementos para el diseño de vías. Así mismo, es un concepto conocido y percibido por los usuarios, lo que lo hace un parámetro de evaluación general del movimiento tránsito en una zona determinada.

Los estudios de velocidad puntual se realizan principalmente en vías de circulación continua, como carreteras de 2 carriles o en vías de múltiples carriles.

En vías de circulación discontinua, se usan estudios sobre tiempo. Gran parte de los estudios acerca de la velocidad están encaminados a la velocidad en un punto específico de la vía. La velocidad de punto está diseñada para cuantificar y tener la trazabilidad de las características en un lugar específico, bajo ciertas condiciones de tránsito y condiciones de clima presentes en el momento de la captura de la información.

3.8.1 Clasificación de velocidad

Velocidad puntual: también llamada velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo cuando pasa por un punto dado de una vía.

Velocidad Instantánea: velocidad de un vehículo en un instante y tiempo determinado.

Velocidad de recorrido: es la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que ha requerido para este desplazamiento.

Velocidad de marcha: es la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo de recorrido, sin tener en cuenta el tiempo que el vehículo estuvo detenido.

Velocidad a flujo libre: es la velocidad teórica libre, es decir cuando la densidad vehicular es cero.

3.8.2 Estudio de velocidad puntual

El estudio de velocidad puntual se desarrolla para determinar las características similares que se tiene de un lugar específico con respecto a la velocidad, bajo circunstancias prevalecientes del estado del tiempo y del tránsito, para así obtener resultados más cercanos a la realidad.

Una de las metodologías para la toma de información de la velocidad puntual es por medio de las mediciones manuales con cronómetro, en la que se fija una distancia base entre 30 y 80 metros, marcando el punto de inicio y final en el tramo vial. Cuando la parte delantera del vehículo pase por la marca inicial, el observador deberá activar el cronómetro hasta que la parte de adelante del mismo vehículo llegue a la marca que le fue asignada al final del tramo. Las observaciones deberán ser anotadas en segundos y en milésimas de segundo, con el fin de calcular la relación espacio – tiempo en metros por segundo, para posteriormente ser expresada en kilómetros por hora.

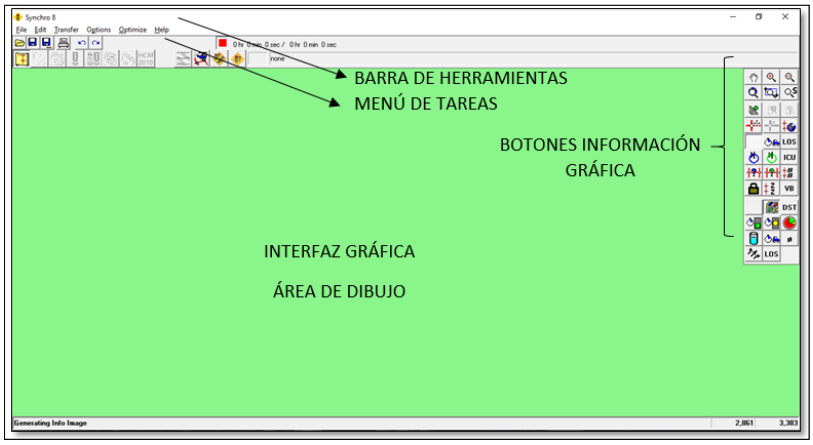
3.9 Software Synchro 8

Con la información obtenida de los estudios de tránsito es posible realizar modelaciones o simulaciones abstractas de las condiciones encontradas en una intersección. SYNCHRO 8 es un programa que permite realizar modelaciones con aplicación en la planificación, diseño, control y optimización de tiempos semafóricos en intersecciones y arterias viales. Dentro de sus aplicaciones principales están:

- Análisis de capacidad en intersecciones sin semáforos siguiendo la metodología del HCM 2.000.
- Análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas siguiendo la metodología del HCM 2.000.
- Optimización de longitudes de ciclo y tiempos de fases.
- Coordinación de semáforos generando planes de tiempo optimizando fases, longitud del ciclo.
- Modelado y simulación microscópica del tráfico de una intersección o de la red y crea una animación del mismo.

Synchro posee una interfaz sencilla para la entrada de datos y de la misma forma presenta los resultados intermedios que son también fácilmente visualizados. Realiza la coordinación de intersecciones permitiendo mostrar los efectos del tránsito en ellas, generando los tiempos y fases óptimos para reducir demoras. Una de las grandes ventajas de este programa es ser plenamente interactivo, ya que a medida que se realizan modificaciones en los datos de entrada, los resultados son modificados automáticamente.

Imagen 4: Interfaz Software Synchro 8.



Fuente: Elaboración Propia

3.10. Señalización

La implementación de señalización vial surge de la necesidad de prevenir, reglamentar e informar a los usuarios, por medio de las señales de tránsito, sobre la forma correcta de transitar con el fin de aumentar la seguridad, eficiencia y comodidad de las vías, garantizando una circulación más ágil. Una de sus funciones principales es la de complementar el diseño geométrico con el fin de garantizar un ambiente seguro, rápido y eficiente para los usuarios en su movilización por las vías previniendo accidentes y mejorando la movilidad.

Teniendo en cuenta que en el presente trabajo de grado se propone un diseño geométrico con intersección a desnivel, es importante informar a los usuarios de la vía sobre los diferentes movimientos, direcciones y destinos posibles por medio de la señalización vial la cual debe encontrarse en concordancia con lo establecido en la resolución 1885 de 2015, mediante el MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL, DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORRUTAS DE COLOMBIA en su versión 2015.

Dentro de las funciones adicionales de las señales de tránsito, ya sean de tipo horizontal o vertical, se tienen la de reglamentar las limitaciones, restricciones, advertir de peligros, informar acerca de rutas, direcciones, destinos y sitios de interés. Son esenciales en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en aquellos donde los peligros no son de por sí evidentes.

Así mismo, debe tenerse en cuenta que un número excesivo de señales de cualquier tipo en un tramo de vía corto puede ocasionar efectos negativos como la contaminación visual, la perdida de la efectividad de las señales y finalmente una confusión al usuario, lo cual podría verse traducido en un accidente en casos extremos.

3.10.1. Clasificación de las señales de tránsito.

3.10.1.1 Señalización vertical.

Se encuentran adheridas a postes o estructuras instaladas sobre la vía o en los elementos adyacentes a ellas (Andenes, separadores) mediante las cuales se da una señal de alerta o información a los usuarios referente al uso de la vía por la cual transitan.

De acuerdo con la función que desempeñan, las señales verticales pueden ser de tipo:

- **Reglamentarias**: Son aquellas que tienen por finalidad notificar a los usuarios, las prioridades en el uso las vías, así como las prohibiciones o autorizaciones existentes a fin de un uso ordenado y seguro de la infraestructura a la que pertenecen. Su incumplimiento puede acarrear infracciones a las normas de tránsito.
- **Preventivas**: Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también señales de advertencia de peligro.
- **Informativas:** Pretenden guiar a los usuarios en su recorrido y entregarles la información necesaria para que puedan alcanzar su destino de la forma más ordenada, segura, simple y directa posible. Brindan información tal como sitios de interés, distancias, lugares de interés, entre otros.

3.10.1.2 Señalización horizontal

Hace referencia al conjunto de marcas viales en forma de líneas, flechas, símbolos y letras que son plasmadas de manera transversal o longitudinal en el pavimento, zonas de circulación, bordillos y demás elementos aledaños que son colocados sobre la superficie de rodadura, sirviendo de guía óptica al conductor y mediante los cuales se hace posible regular o canalizar el tránsito o simplemente indicar al usuario la existencia de un obstáculo. En muchas situaciones es utilizada

de manera simultánea con las señales verticales, para generar un equilibro entre la necesidad de su uso y el impacto visual que genera el frecuente uso de las mismas.

Frente a los demás elementos de regulación mencionados, es necesario resaltar la importancia de la demarcación vial dentro de la puesta en marcha de un diseño vial, teniendo en cuenta que permite delimitar las zonas destinadas al tráfico de vehículos así como aquellas que desde la fase de planeación del proyecto han sido tenidas en cuenta como espacios de almacenamientos o estacionamiento temporal, generando un mejor aprovechamiento del espacio y favoreciendo en los conductores la disciplina de utilización de los carriles en condiciones de seguridad y comodidad.

Para efectos de su implementación, deben ser tenidas en cuenta las consideraciones en cuanto geometría, simbología, ubicación, dimensiones, materiales y demás características contenidas en el manual de señalización previamente mencionado.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 Localización del Proyecto

Cómo fue mencionado anteriormente, el proyecto se encuentra ubicado al nor-oriente de la ciudad, en la localidad de Suba, en la intersección formada por la Avenida Suba con la Calle 100, entre las calles 96 y la calle 106 y las carreras 53 y 64 respectivamente.

La zona de influencia es de tipo comercial y residencial, encontrándose cómo elementos comerciales de gran relevancia el centro comercial Iserra 100 en la esquina sur oriental de la intersección y el centro comercial Master Center en la esquina noroccidental de la intersección.

Imagen 5: Ubicación de la Intersección.

Fuente: (Google Earth)

La calle 100, permite la circulación en sentido oriente - occidente y viceversa, está conformada por cuatro calzadas, dos por sentido para tráfico mixto, dentro de las cuales la calzada rápida cuenta con dos carriles y la calzada lenta cuenta con tres carriles. Por otra parte, la avenida Suba, permite la circulación en sentido norte - sur y viceversa, está conformada por cuatro calzadas, dos por cada

sentido; las calzadas externas son para el tráfico mixto, una por sentido y están conformadas por tres carriles cada una. Las dos calzadas internas son para uso exclusivo de Transmilenio, una para cada sentido y están compuestas por dos carriles cada una. Actualmente cuenta con un paso controlado por medio de un sistema semafórico permitiendo los movimientos directos y un giro desde la Avenida Suba hacia la Calle 100 al oriente.

4.1.1 Avenida Suba:

Por el acceso norte de la intersección cuenta con seis carriles, dos para transporte masivo Transmilenio y cuatro para transporte mixto incluido un carril de almacenamiento para el tráfico que realiza el giro izquierdo a tomar la calle 100 hacia el oriente. Tiene un ancho total de calzada de 45 metros y posee un acceso canalizado para el tráfico que desea tomar la calle 100 hacia el occidente.

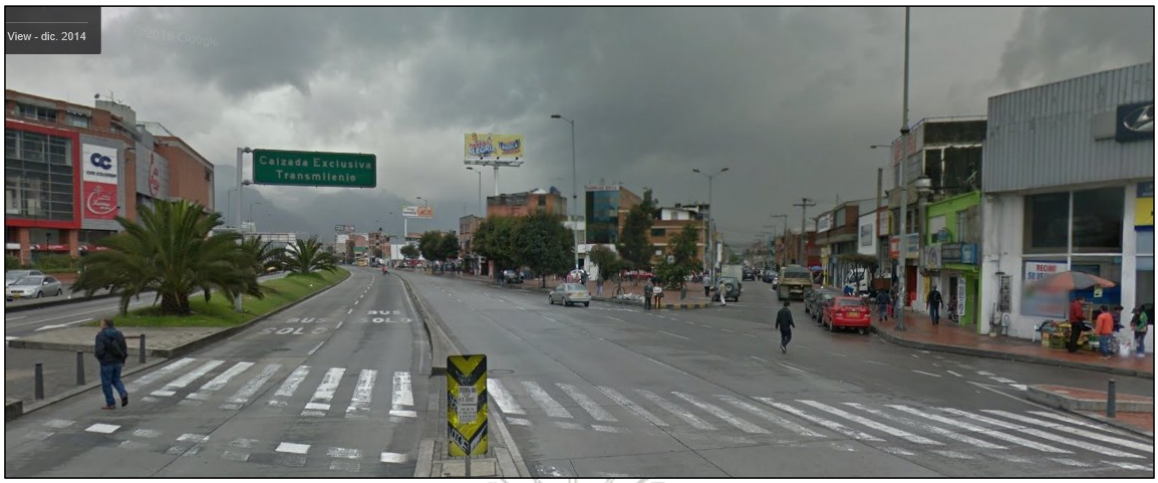
Imagen 6: Acceso norte a la Intersección.

Fuente: Google Street View

Después del cruce con la Calle 100, la Avenida Suba pasa a tener cinco carriles por sentido, dos para Transmilenio y tres para el tráfico mixto, pero algunos metros más adelante la calzada mixta

se reduce a dos carriles. Cuenta con un acceso canalizado para el tráfico que desea tomar la Avenida Suba hacia el sur.

Imagen 7: Salida sur de la intersección.



Fuente: Google Street View

La Av. Suba entrando por el sur, presenta una ampliación de dos carriles a cuatro al llegar a la intersección para el tráfico mixto. En su salida presenta dos carriles para el sistema Transmilenio y tres para el tráfico mixto.

Imagen 8: Entrada sur a la intersección.

Fuente: Google Street View

Imagen 9: Salida norte de la intersección.

Fuente: Google Street View

4.1.2 **Calle 100**

Está conformada por cuatro calzadas, dos por sentido para tráfico mixto, la calzada rápida cuenta con dos carriles y la calzada lenta cuenta con tres carriles. Tiene un ancho total de calzada de 50 metros. Cuenta con un acceso canalizado para el tráfico que desea tomar la Avenida Suba hacia el sur.

Imagen 10: Acceso occidente a la intersección.

. Fuente: Google Street View

Imagen 11: Salida oriente de la intersección.

Fuente: Google Street View

Se tiene la ventaja que a lo largo de la calle 100 se tiene una sección transversal uniforme que conserva el mismo número de carriles y separadores, lo cual evita que se generen los cuellos de botella que presenta la Av. Suba.

Imagen 12: Entrada oriente a la intersección.

Fuente: Google Street View

Imagen 13: Salida occidente de la intersección.

Fuente: Google Street View

4.1.3 Estado del pavimento

La calle 100 está construida con pavimento tipo flexible el cual se encuentra en buen estado, con un desgaste normal y agregados ligeramente expuestos.

Imagen 14: Estado de pavimento calle 100.

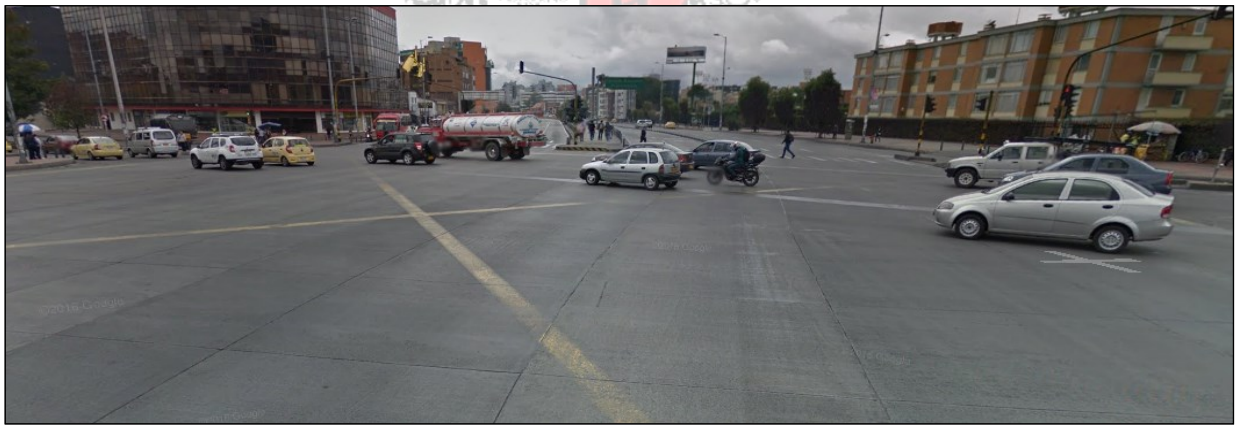
Fuente: Elaboración Propia.

La avenida Suba al igual que la intersección con la calle 100 está construida en pavimento de tipo rígido el cual también se encuentra en buen estado y del cual no se perciben fallas estructurales que afecten la circulación de los vehículos:

Imagen 15: Estado de pavimento Av. Suba.

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 16: Estado de pavimento de la intersección.



Fuente: Google Street View

4.1.4 Tiempos Semafóricos

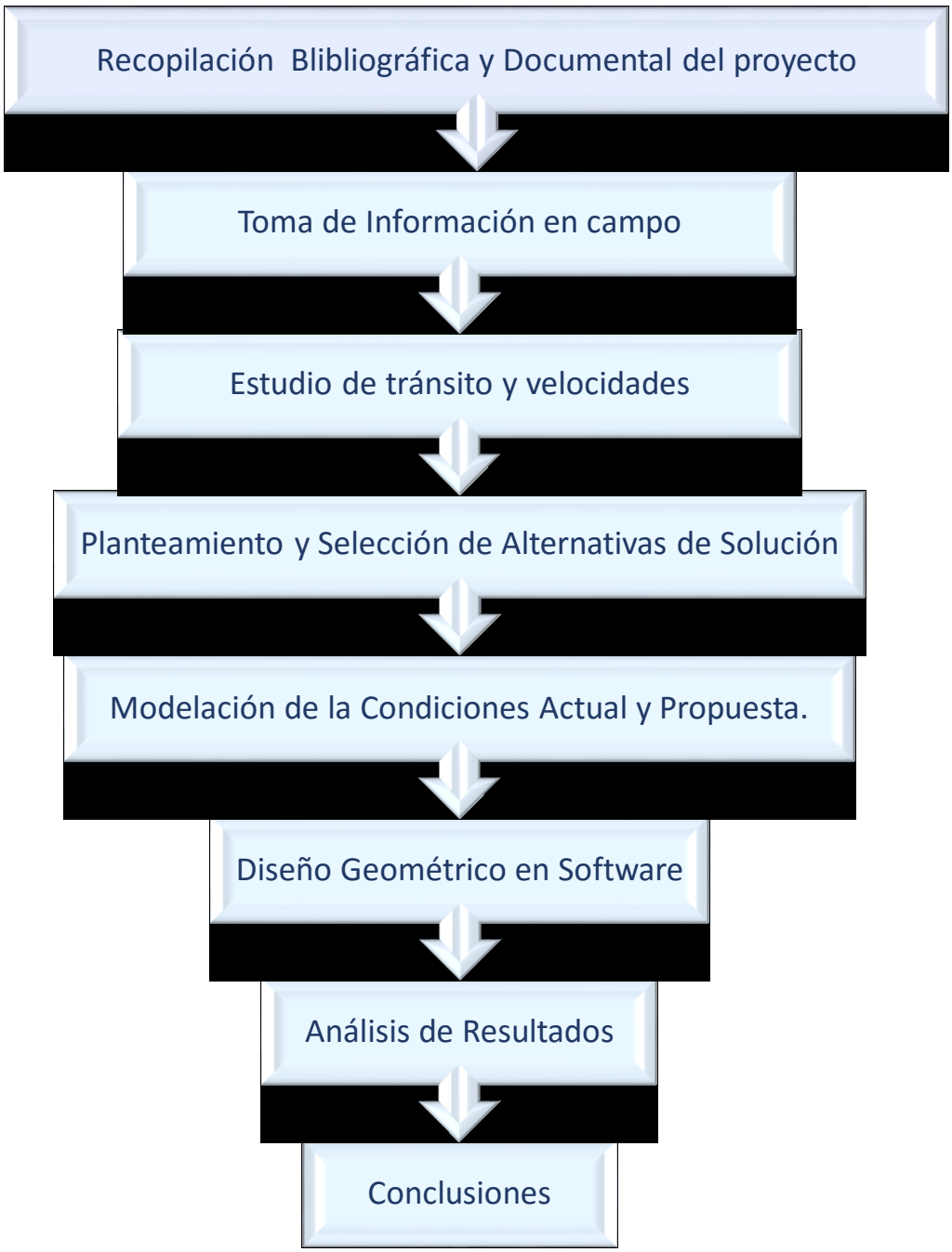
Todos los semáforos funcionan óptimamente, tanto los vehiculares como los peatonales. Se observaron en todos los accesos. Los semáforos de los sentidos NORTE – SUR y SUR – NORTE tenían un período de luz verde de aproximadamente 55' segundos, luz amarilla 4' y luz roja de 60',

mientras que los de sentido ORIENTE – OCCIDENTE y OCCIDENTE – ORIENTE tenían un período de luz verde de aproximadamente 55' segundos, luz amarilla 4' y luz roja de 60'.

5. METODOLOGÍA

En concordancia con los objetivos definidos y el desarrollo secuencial del proyecto la metodología se abordó como se muestra a continuación:

Gráfica 1: Secuencia metodológica.



Fuente: Elaboración Propia.

5.1 Recopilación de la información

5.1.1 Adquisición de la documentación existente.

En el instituto de desarrollo urbano (IDU) fue solicitada toda la información existente de la intersección en mención, de donde se obtuvo información referente al trazado geométrico de la Av. Suba y los planos topográficos de la zona, la cual se relaciona en el anexo 1.1.

5.1.2 Adquisición de Histórico de Volúmenes Vehiculares (Años Anteriores).

Mediante solicitud a la secretaría de movilidad, fueron obtenidos los volúmenes de tránsito correspondientes a años anteriores a la fecha del estudio, periodo comprendido desde el 2013 hasta el 2015 de la estación maestra más cercana a la intersección, la cual se encuentra ubicada en la Calle 100 x Transversal 60. Con esta información se posibilita la proyección del tránsito atraído, generado y desarrollado al año de finalización del proyecto y se determinan los incrementos del tránsito año a año. En el anexo 1.2 se relaciona la información proporcionada por la secretaria de movilidad.

De la misma manera se relaciona en este anexo la información base con la cual fue generado el modelo digital de terreno adquirida de una base de datos geográfica suministrada por el IDECA.

5.2 Toma de información en campo

5.2.1 Conteos Vehiculares

El área de influencia de la intersección está limitada por el noroccidente con la carrera 64, por el oriente con la carrera 53 y por el sur con la carrera 54. El sector se caracteriza por ser una zona residencial y comercial donde existen varios centros atractores y generadores de viajes: Iserra 100, Floresta, Los Tres Elefantes entre otros. Las intersecciones existentes en el área de influencia

están controladas por semáforos así: La calle 100 con las carreras 64 y 53, Avenida suba con carrera 64.

Se definieron 5 lugares estratégicos para realizar los conteos vehiculares teniendo en cuenta todos los movimientos que actualmente se efectúan en la intersección y las manobras que deben hacer los usuarios en las intersecciones aledañas para conseguir desplazase a la salida que requieren.

El principal punto de Aforo fue establecido en la intersección de la Avenida Suba con Calle 100 y fue realizado por el método de conteo manual, con personal en campo en el periodo comprendido entre las 17:30 y 18:30, la cual es la hora pico obtenida de la información registrada por la estación maestra.

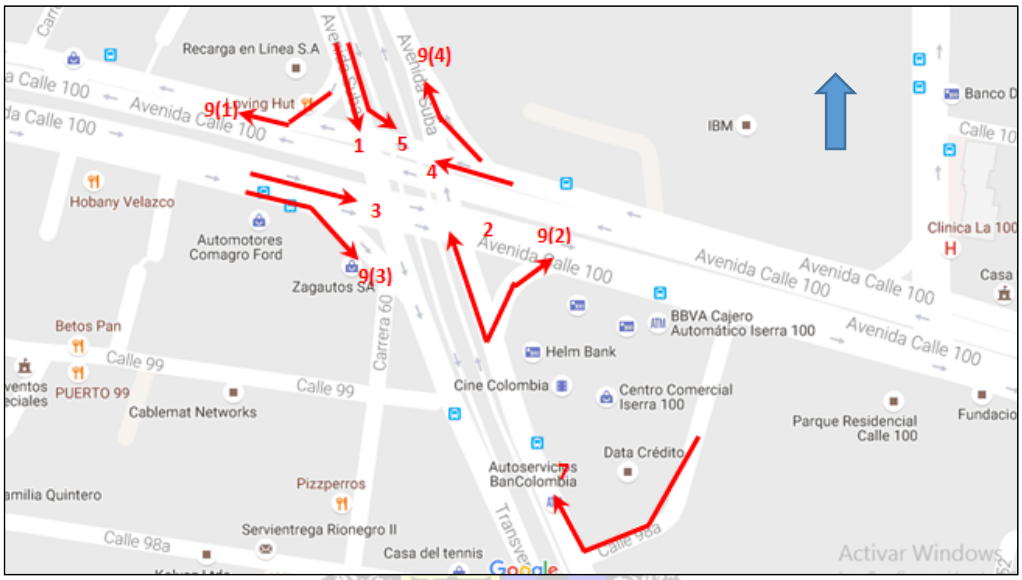
Como parte del estudio de tránsito de la zona y vías aledañas a la intersección en análisis, se tomaron igualmente los volúmenes vehiculares de las intersecciones de la calle 100 con carrera 64, calle 100 con carrera 53, Avenida suba con carrera 54 (Iserra 100) y Avenida suba con carrera 64, mediante los cuales se hace posible la estimación de los volúmenes vehiculares de los nuevos enlaces a diseñar intersección.

Se realizaron aforos en los diferentes accesos de las mencionadas intersecciones de la siguiente forma:

- En la carrera 64 y carrera 54 ya que estos giros permiten a los conductores que vienen del occidente por la calle 100 tomar la avenida Suba al norte.
- En la carrera 64 dado que permite a los usuarios que vienen del oriente por la calle 100 tomar la avenida suba al sur.
- En la calle 53 ya que permite a los conductores que viene de la avenida suba tomar la calle 100 hacia el occidente.

A continuación, se muestran el área de influencia, los esquemas de las intersecciones y los diferentes movimientos aforados para el desarrollo del estudio de tránsito.

Imagen 17: Movimientos aforados en la intersección de la Av. Suba con Calle 100

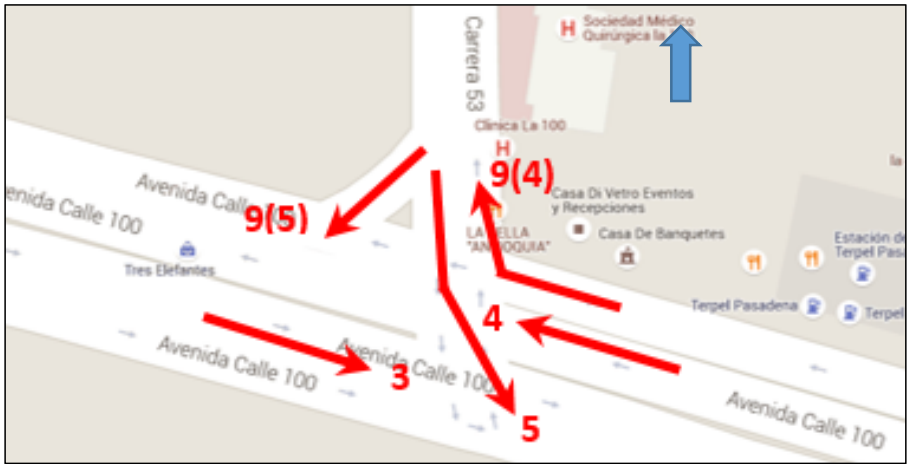


Fuente: Google Maps

Imagen 18: Movimientos aforados en la intersección de la Calle 100 con Carrera 64.

Fuente: Google Maps

Imagen 19: Movimientos aforados en la intersección de la Calle 100 con Carrera 53.



Fuente: Google Maps

Para la recopilación de los datos se utilizó el formato para el registro de volúmenes vehiculares mostrado en la imagen 20.

Imagen 20: Formato de campo para el registro de volúmenes vehiculares

ESPACIO PARA CONSIGNAR EL NOMBRE DEL ESTUDIO A ADELANTAR	**ESTUDIO DE VOLÚMENES VEHICULARES** *FORMATO DE CAMPO*	*ESPACIO PARA CONSIGNAR LA RAZON SOCIAL Y/O LOGOTIPO DE LA ENTIDAD CONTRATANTE Y DE LA FIRMA CONSULTORA*

Fecha: (D.M.A.)_____ Intersección: _____ Hoja: _____ De: _____

Hora Inicio: _____ Hora Final:_____

Condición Climática: _____ Movimientos Aforados: _____

Aforador:_____

Supervisor: _____

Croquis

Movim. No.	Período	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
					C2	C3	C4	C5	>C5	
	TOTAL									
	TOTAL									

Fuente: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y El transporte en Santa Fe de Bogotá, Cal y Mayor y Asociados. SC 1998.

Los aforos realizados se relacionan para cada uno de los accesos en incluyen en el anexo 2.1.

5.2.2 Toma de velocidades.

Fue realizado a fin de establecer la velocidad actual de las vías que componen la intersección, para obtener mediante análisis estadísticos las velocidades mínimas, media, de operación y de diseño para el desarrollo de la geometría que tendrá la nueva intersección.

- Inicialmente se determinó la longitud base, medida con cinta. Para este caso se utilizó una distancia de 50 metros en cada una de las vías que conforman la intersección (Av. Suba y Calle 100).
- Una vez establecidos los puntos de inicio y final de longitud base, se establecen los operarios de la toma de los datos, con el fin, de que el primer operario de señales de inicio de la longitud por el vehículo y el segundo operario de inicio y fin a la toma de tiempo cuando el vehículo pase por los puntos establecidos anteriormente, la información anterior es tomada con cronometro.
- Se tomaron 100 datos en cada una de las vías, usando como base de medida el carro particular. Estos datos son registrados en el formato establecido para tal fin.

5.3 Estudio de Tránsito y Velocidades.

5.3.1 Tránsito.

5.3.1.1 Estudio de Volúmenes de Tránsito

El estudio de volúmenes de tránsito se efectúa teniendo como base la información de origen primario obtenida mediante los aforos realizados en campo, el cual es desarrollado de la siguiente manera:

5.3.1.2 *Tabulación de la información*

La información recolectada en campo se organiza de tal manera que se totalice por periodo aforado los vehículos de acuerdo a su tipo: autos, buses, busetas, y camiones de acuerdo al número de ejes. Esto se realiza por la hora de aforo y a su vez se subdivide en 4 subperiodos de 15 minutos. En el anexo 2.1 se presenta la información tabulada de cada uno de los puntos de aforo.

5.3.1.3 *Selección del periodo con mayor flujo vehicular (Hora de Máxima Demanda)*

Se agrupan los datos cada hora (cada 4 periodos) y se hace la sumatoria; el mayor de éstos en el periodo de aforo, será definido como el Volumen Máximo Horario.

5.3.1.4 *Factor de hora pico*

Se calcula a partir del Volumen Máximo Horario, el cual es dividido por el producto entre el número de periodos y el mayor volumen de vehículos de los cuatro periodos correspondientes a esta hora y expresado en unidades porcentuales.

$$\frac{VMH}{4 * (Valor \text{ maximo } rango\, de\, hora\, del\, VHM)}$$

5.3.1.5 *Calculo de la composición vehicular*

Este cálculo se realiza teniendo en cuenta los datos que están dentro de la hora correspondiente al VMH. En la tabla 2 se presenta el cálculo del factor de hora pico y la composición del tránsito dentro de la hora de máxima demanda.

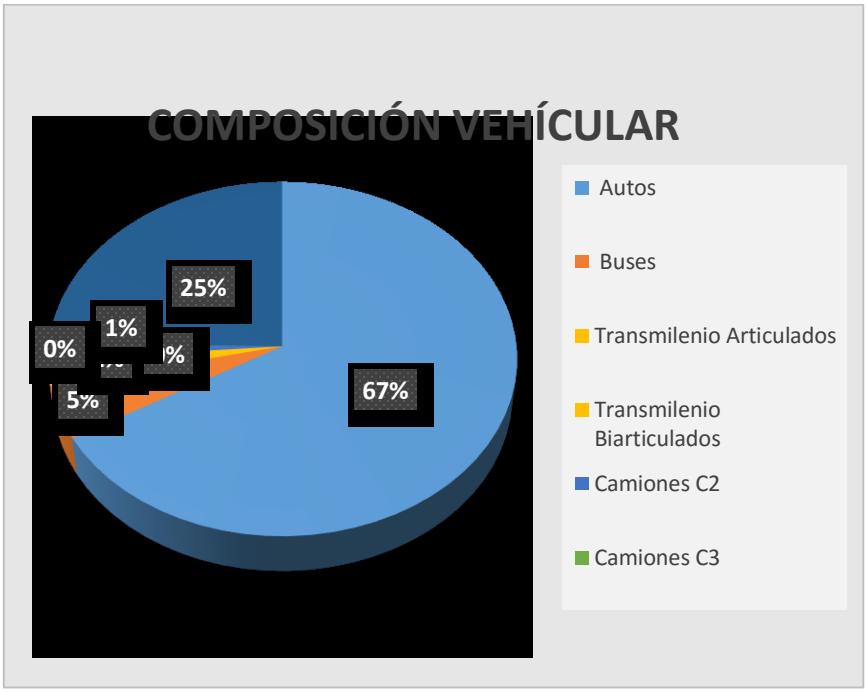
Tabla 2: Hora de máxima demanda, factor de hora pico, y porcentajes totales de acuerdo al tipo de vehículo.

	Autos	Buses	Articulad.	Biart.	C2	C3	Motos	Total	FHP
VOL. MAX	6250	460	196	18	136	3	2318	9381	
COMP VEH	66.6%	4.9%	2.1%	0.2%	1.5%	0.0%	24.7%	100.0%	92.4%

Fuente: Elaboración propia

La gráfica 2 muestra la composición vehicular en la hora de máxima demanda, notando que la gran mayoría son automóviles, seguido de un 5% de buses, un 2.2% de buses transmilenio y el último lugar lo ocupan los camiones con un 1.5 %

Gráfica 2: Composición vehicular hora de máxima demanda

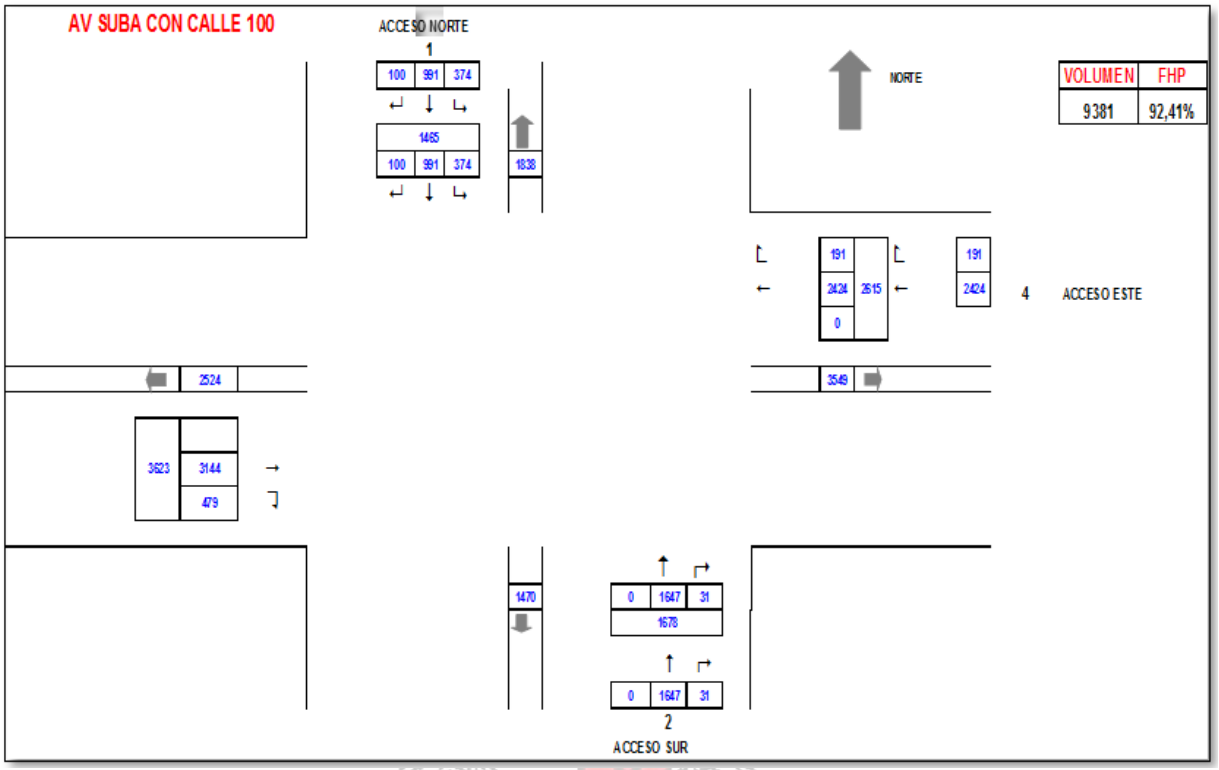


Fuente: Elaboración Propia.

Al totalizar todos los movimientos aforados, se obtiene el esquema presentado a continuación, que resume el volumen de los aforos de la intersección

El mismo procesamiento fue realizado para todos los accesos de la intersección y para las intersecciones aledañas, los cuales son presentados en el anexo 2.1

Imagen 21: Volúmenes totales intersección Av. Suba con Calle 100



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSITAS DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

5.3.1.6. Proyección del volumen vehicular a 20 años

De acuerdo con los datos tomados en campo y al estudio de volúmenes realizado, se estableció que la intersección tiene un volumen vehicular durante la hora pico de 9381 Veh/hora.

Dado que no se cuenta con los aforos históricos que proporcionen una información adecuada para la proyección vehicular, se tomó la tasa de crecimiento poblacional proyectada para la ciudad de Bogotá de 2015 a 2020. Estos datos se obtuvieron del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE y se muestran a continuación.

Tabla 3: Proyección poblacional a 2020.

AÑO	POBLACIÓN
2015	7878783
2016	7980001
2017	8080734
2018	8181047
2019	8281030
2020	8380801

Fuente: DANE (2016)

Con la anterior información se calcula el factor de proyección para cada año.

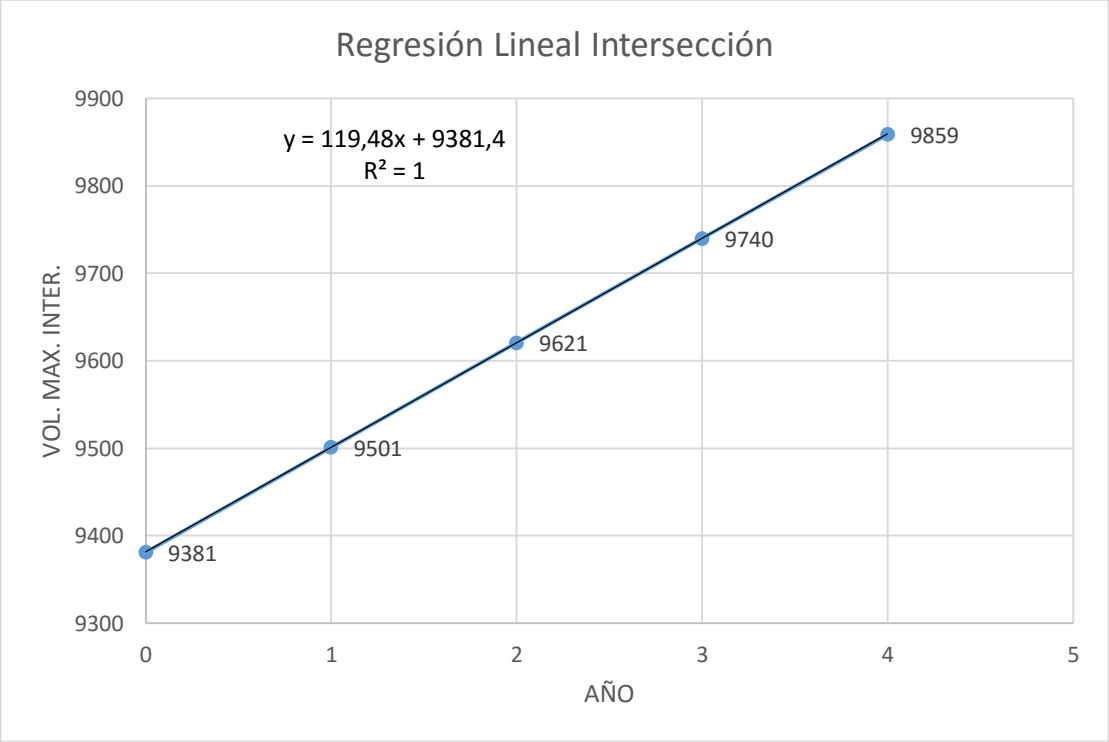
Tabla 4: Tasa de crecimiento poblacional anual.

AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
2015	7878783	
2016	7980001	1.28
2017	8080734	1.26
2018	8181047	1.24
2019	8281030	1.22
2020	8380801	1.20

Fuente: Elaboración Propia

Esta tasa de crecimiento anual se multiplica por el volumen vehicular máximo horario obtenido en el estudio de tránsito. Con los datos anteriores se realiza una proyección de tipo lineal para obtener el volumen hasta el año de diseño que es 2036, es decir 20 años.

Gráfica 3: Regresión lineal para proyección de volúmenes.



Fuente: Elaboración Propia

Con la ecuación de la recta obtenida, se realiza establece la proyección del volumen vehicular hasta el año 2036 como se muestra a continuación.

Tabla 5: Volumen obtenido a 2036.

AV. SUBA x CALLE 100			
AÑO	**X**	**TRÁNSITO TOTAL**	**EXPANSIÓN LINEAL**
2016	0	9381	9372
2017	1	9501	9501
2018	2	9621	9620
2019	3	9740	9740
2020	4	9859	9859
2021	5		9979

2022	6		10098
2023	7		10218
2024	8		10337
2025	9		10457
2026	10		10576
2027	11		10696
2028	12		10815
2029	13		10935
2030	14		11054
2031	15		11174
2032	16		11293
2033	17		11413
2034	18		11532
2035	19		11652
2036	20		11771

Fuente: Elaboración Propia.

Después de efectuados los cálculos a futuro, se tiene el valor de tránsito desarrollado para el 2036 (año de finalización del proyecto) que será uno de los valores usados para el desarrollo del diseño geométrico y la modelación del tránsito. De la misma manera se realizan las respectivas proyecciones de los volúmenes para cada uno de los accesos, los cuales son presentados en el anexo 2.1.

5.3.2. Estudio de volúmenes peatonales

Los flujos peatonales son significativos en los centros urbanos y deben ser tenidos en cuenta en el planeamiento y diseño de las instalaciones peatonales y las vías proyectadas. La manera más sencilla para el registro de volúmenes de peatones es mediante aforos manuales y el uso de formatos de campo, previamente diseñados, en los cuales se puede contemplar cualquier clasificación peatonal deseada.

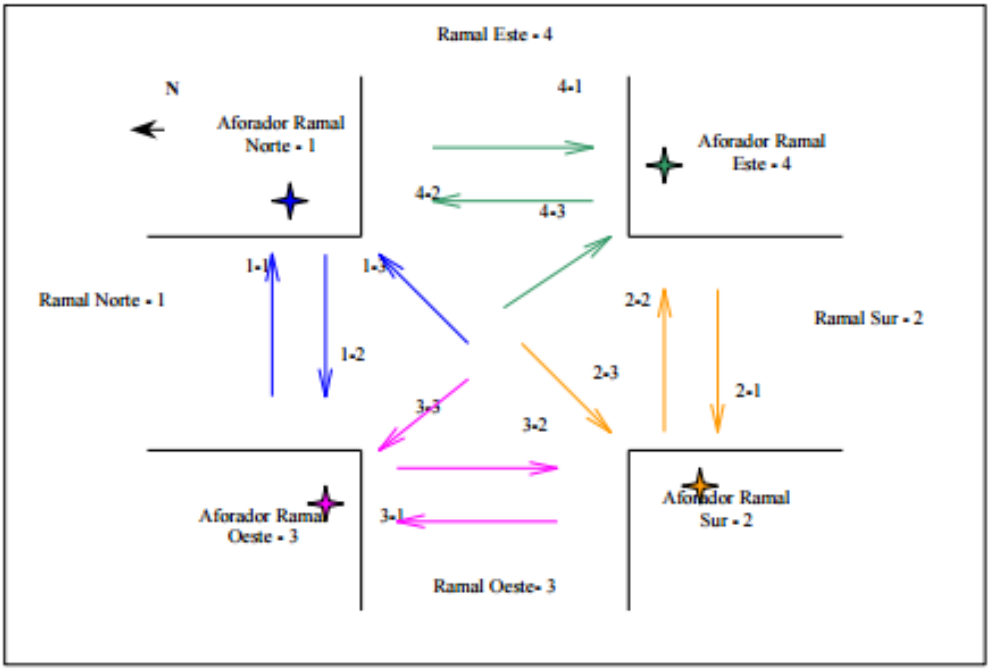
Para el presente trabajo son tenidos en cuenta los peatones dentro del estudio realizado, dada la influencia que tienen en la operación actual de la intersección, teniendo en cuenta que en el acceso norte sobre la avenida suba se encuentra ubicada una estación de Transmilenio. Por otro lado, sobre la calle 100 también se encuentran ubicados paraderos del SITP los cuales son puntos de alta convergencia peatonal.

Estos conteos fueron realizados de manera simultánea con los aforos vehiculares, desde puntos estratégicos que permiten al aforador registrar la trayectoria del peatón para cada movimiento de la intersección, durante un periodo de una hora en periodos de un minuto. Fue realizado en la hora pico, comprendida entre las 17:30 y las 18:30 y consignado en los respectivos formatos de campo.

5.3.2.1.PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.

- Los datos del conteo peatonal son totalizados en cada dirección, por acceso. Se recolecta la información tomada por cada aforador consolidando esta información de manera digital.
- Se agrupa los periodos de un (1) minuto tomados en campo, en intervalos de conteos de quince (15) minutos.
- Se realizan tablas que estipulan la información en volúmenes máximos, mínimos y graficas que resumen los movimientos en cada esquina aforada y luego de manera general, en la intersección.
-

Imagen 22: Codificación de movimientos en intersecciones.



Fuente: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y El transporte en Santa Fe de Bogotá, Cal y Mayor y Asociados. SC 1998.

Con la información tabulada se genera un registro de los volúmenes por cada uno de los ramales y por la intersección completa.

Tabla 6: Aforos peatonales totalizados

Hora de inicio	INTERSECCION		TOTAL	VOL. HORARIO	VOL. HORA AFORO	VOL HORA %
	vienen	van				
17:30 - 17:45	235	481	716			
17:45 - 18:00	191	501	692			
18:00 - 18:15	234	491	725			
18:15 - 18:30	121	421	542	2675	2675	100.00%
TOTALES	781	1894	2675			
COMP PEATONAL	29.20%	70.80%	100.00%			

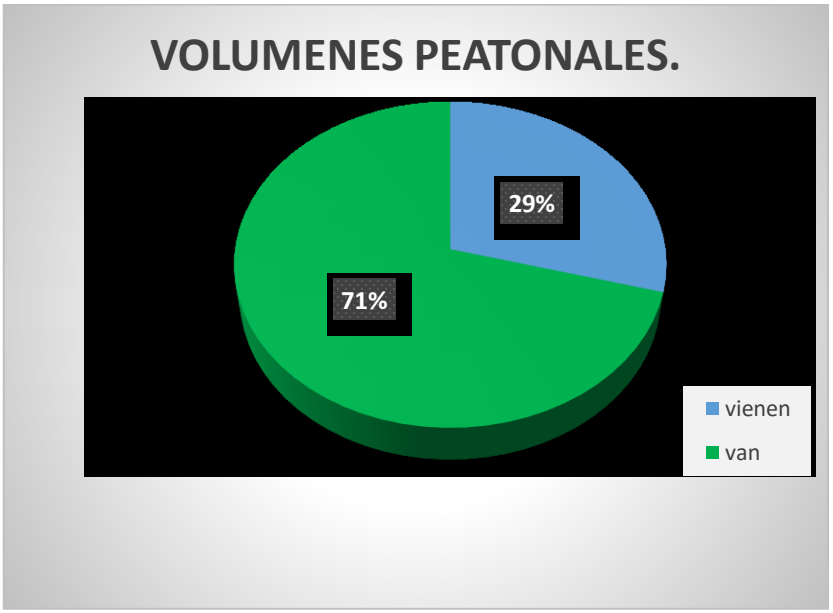
VOL.	781	1894	2675
COMP PEATONAL	29.20%	70.80%	100.00%

FHP
92.24%

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 4 se muestra la composición de los peatones en la hora de máxima demanda, donde se tiene un considerable volumen de pasajeros que hacen uso de la intersección y que deben ser contemplados en el desarrollo de la modelación.

Gráfica 4: Composición de los volúmenes peatonales



Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 2.2 se muestra la totalización de los aforos peatonales y los cálculos efectuados para cada uno de las intersecciones.

5.3.3. Estudio de Velocidades.

Esta puede ser definida mediante mediciones o establecida previamente a partir de condiciones dadas. Para este caso fue realizada una toma de velocidades puntuales en campo, a partir de una línea base medida de 50 metros.

Una vez obtenida la información en campo, se establece la determinación de velocidades puntuales, a partir de la relación entre la distancia y el tiempo. Con los datos recopilados de las velocidades puntuales, se determina la estadística descriptiva, la cual nos permite determinar el valor de los rangos de intervalos, a partir del tamaño de la muestra. Finalmente se realiza la tabla de frecuencias acumuladas y con ella se obtiene la gráfica de porcentajes acumulados, mediante la cual es posible establecer la Velocidad mínima, media temporal, de operación y de diseño a partir del cálculo del percentil 15, 50, 85 y 98 respectivamente.

Adicionalmente, se establece el tamaño apropiado de la muestra, con el fin de determinar si la cantidad de datos tomados fue suficiente o es necesario una nueva visita técnica, con nueva toma de datos en campo.

Tabla 7: Toma de velocidades Av. Suba

TOMA DE VELOCIDADES AVENIDA SUBA (Km/h)										
33.33	40.91	43.90	38.30	37.50	34.42	43.06	37.04	38.22	44.89	35.16
39.30	36.73	42.35	47.37	43.90	34.88	35.09	37.34	38.71	44.12	33.71
42.35	40.00	42.86	38.30	48.65	43.90	35.93	39.39	41.67	38.96	31.97
36.66	38.71	36.73	42.86	41.57	39.56	40.27	46.15	36.14	39.39	34.16
43.80	42.06	39.74	42.76	39.91	43.27	45.23	46.27	42.76	33.15	33.77
38.05	44.89	46.15	31.58	42.06	42.06	45.92	35.79	45.11	32.14	34.09
32.39	43.80	38.30	34.62	43.27	42.96	43.37	36.00	43.90	35.29	33.03
40.18	34.62	42.35	33.96	40.09	44.55	41.00	36.07	41.86	31.91	34.03
54.38	38.30	34.62	42.96	37.66	34.42	39.05	37.34	45.11	34.68	36.14
39.82	37.89	36.73	44.12	39.22	42.96	42.76	37.04	41.28	33.77	35.16

. Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7 se muestran las velocidades tomadas a ciento diez vehículos en los puntos de aforo, en hora valle para la Av. Suba.

Estas velocidades se obtienen con el fin de realizar un estudio de velocidad puntual, para lo cual se efectúa el arreglo tabular de los datos, su representación gráfica y el cálculo de sus valores estadísticos como lo muestran la tabla 8 y 9 y la gráfica 5 y 6.

Tabla 8: Determinación de velocidades a partir de los percentiles.

Percentil	Velocidad	Valor (Kms /h)
15%	Mínima	35
50%	Media	38
85%	Operación	43
98%	Diseño	48

Fuente: Elaboración Propia

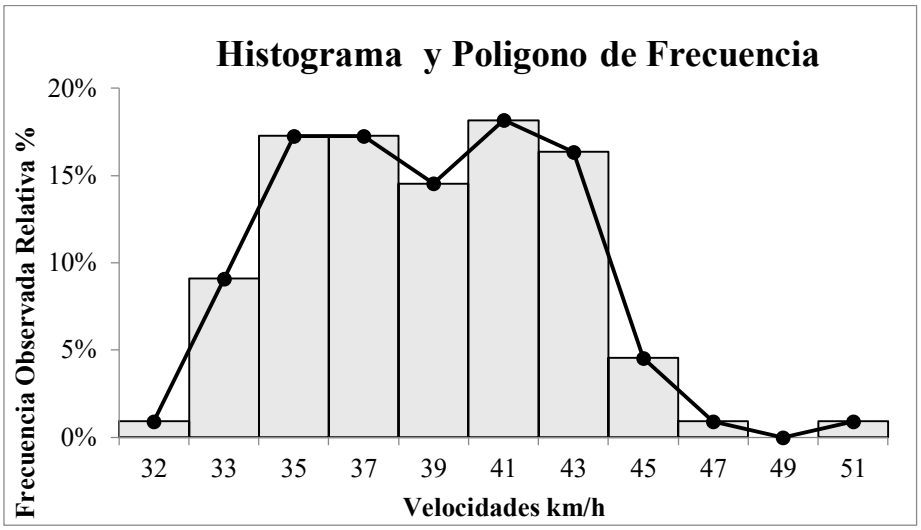
Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra se identifica el número de intervalos de clase en los que se debe agrupar la información.

Tabla 9: Tabla de distribución de frecuencias

N	Intervalo			*Clase*	*Frecuencia*	*% Relativo*	*% Acumulado*
	Mínimo	Máximo	Medio				
1	30	32	32	32	1	0.91%	0.91%
2	32	34	33	34	10	9.09%	10.00%
3	34	36	35	36	19	17.27%	27.27%
4	36	38	37	38	19	17.27%	44.55%
5	38	40	39	41	16	14.55%	59.09%
6	40	42	41	43	20	18.18%	77.27%
7	42	44	43	45	18	16.36%	93.64%
8	44	46	45	48	5	4.55%	98.18%
9	46	48	47	50	1	0.91%	99.09%
10	48	50	49	52	0	0.00%	99.09%
11	50	52	51		1	0.91%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

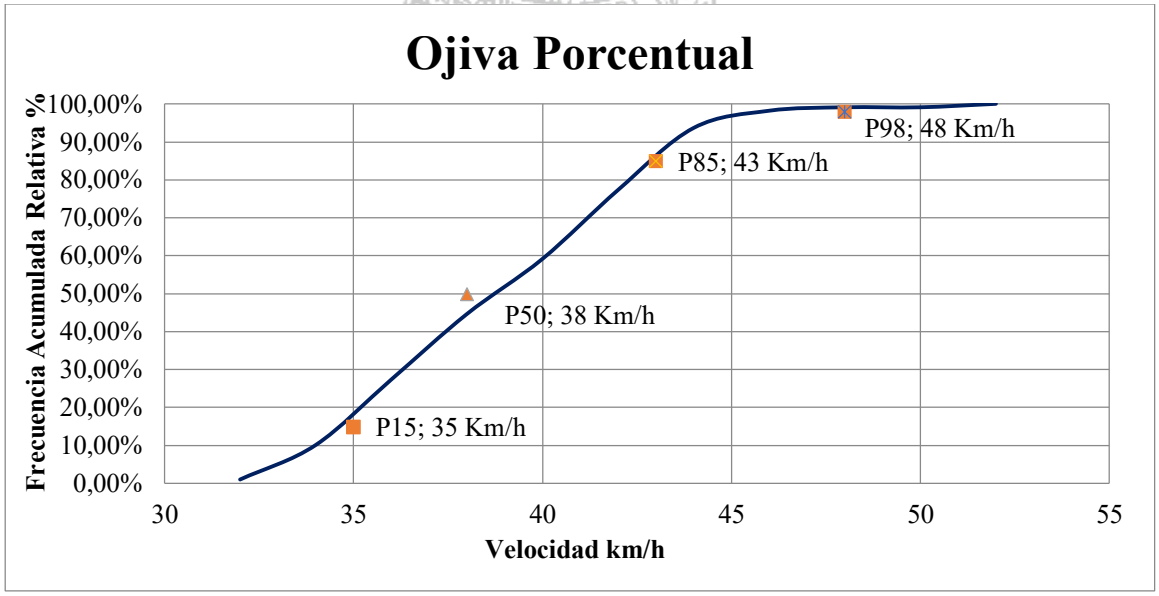
Gráfica 5: Histograma y polígono de frecuencias de velocidades puntuales



Fuente: Elaboración propia.

Graficando la velocidad contra la frecuencia absoluta como se muestra en la gráfica 5 se obtiene un histograma de frecuencias que indica la cantidad de vehículos que pasaron a una velocidad determinada. El acumulado porcentual de la frecuencia contra la velocidad que muestra la gráfica 6 genera una curva conocida como ojiva porcentual, y se refiere al porcentaje de vehículos que viajan por debajo o a la velocidad determinada en cada punto.

Gráfica 6: Ojiva porcentual velocidades



Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 2.3 se muestra el estudio de velocidad puntual para los dos sitios aforados. (Av. Suba y Calle 100).

5.3.3.1.Tamaño apropiado de la muestra

Se asume un K de 1.96, para una confiabilidad del 95%, la desviación estándar para tipo de tránsito urbano de 4 carriles (7.9) y un error de 2 km/h.

$$n = \left(\frac{KS}{e}\right)^2$$

$$\mathrm{n} = \left(\frac{1.96 * 7.9}{2}\right)^2 = 61 \text{ muestras}$$

El número de observaciones requeridas de acuerdo a lo expuesto es de 61 muestras, que cumple con la cantidad de datos tomados en campo los cuales fueron 100. Después de la medición se recalcula el tamaño de la muestra, donde cambia el valor de la desviación estándar S, manteniendo el nivel de confiablidad y el error de 2 Km/h.

$$\mathrm{n} = \left(\frac{1.96 * 8.3}{2}\right)^2 = 66 \text{ muestras}$$

Se halla el intervalo para determinar la clase y la frecuencia en que se presentan las velocidades.

Intervalo= $\frac{\text{rango}}{\text{N}}$ = 4.4 km se toma 5 km

El valor de N se toma como 10 de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 10: Número de intervalos de clase por tamaño de muestra.

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	NÚMERO DE INTERVALOS (N)
50 - 100	7 - 8
100 - 1.000	10-11
1.000 - 10.000	14 - 15
10.000 - 100.000	17 - 18
Mayor de 100.000	$1+3.3\ \mathrm{Log}_{10}(n)$

Fuente: Apuntes de clase

5.4. Planteamiento y selección de alternativas de solución.

5.4.1. Opción 1

Inicialmente se piensa en una glorieta como solución para la intersección, teniendo en cuenta que lo que se requiere es permitir a los usuarios cambiar la dirección de su recorrido hacia cualquier destino dentro de la intersección, pero dados los altos volúmenes obtenidos y la velocidad del estudio fue descartada, pues este tipo de soluciones funciona siempre y cuando los volúmenes que se manejan son relativamente bajos y en velocidades bajas. Teniendo en cuenta la reducción considerable de la velocidad que se requiere para realizar las maniobras dentro de la glorieta, lo más posible es que en ella más de uno de sus accesos funcione a capacidad, lo cual provocaría el colapso de la misma. Desde el punto de vista geométrico, se tendrían también dificultades, dado que los alineamientos de las vías que la conforman no permiten tener los ángulos de ingreso y salida deseados para este tipo de elementos. Se contempló además la posibilidad de implementar

una glorieta elevada, pero también fue descartada teniendo en cuenta las restricciones que se tienen en este tipo de infraestructura en cuanto a distancias de visibilidad de cruce.

5.4.2. Opción 2

Se plantea como solución a la intersección, un diseño geométrico que incluye deprimir la Avenida Suba, la cual cuenta con una geometría en su sección transversal de menores dimensiones que la Calle 100, manejar la calle 100 como se encuentra actualmente, a nivel conservando y ajustando los giros derechos a la normativa vigente y en cumplimiento con los anchos de carril requeridos para el vehículo de diseño. Para los giros izquierdos se proponen enlaces elevados, estando a la misma altura los enlaces de sentidos opuestos, con lo cual se tendría finalmente una intersección sin control semafórico con cuatro niveles de circulación.

6. MODELACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL Y PROPUESTA.

Con la información obtenida de los estudios de tránsito, se realizaron modelaciones o simulaciones abstractas de las condiciones encontradas en la intersección, mediante el software Synchro 8, intentando plasmar en dicha plataforma unas condiciones muy cercanas a las reales.

A continuación, se describen las cuatro (4) modelaciones realizadas:

- Geometría actual con datos de tránsito actuales
- Geometría actual con datos de tránsito futuros
- Geometría propuesta con datos de tránsito actuales
- Geometría propuesta con datos de tránsito futuros

6.1. Modelación de la geometría actual con los volúmenes actuales.

6.1.1. Geometría Actual

Inicialmente se dibuja la geometría existente, estableciendo el número de carriles con los que cuenta esta intersección, con sus respectivos giros canalizados y dimensiones aproximadas. Para efectos de la modelación, fue necesario establecer una geometría de los carriles de manera integrada por cada uno de los sentidos, dado que, en terreno, se tienen separadores entre las calzadas de los carriles mixtos y los carriles rápidos, pero el software no permite establecer un separador entre que contienen carriles en la misma dirección, por lo cual fueron modelados lo flujos vehiculares de manera unificada.

Simultáneamente fue utilizada una imagen de satélite adquirida mediante el software Google Earth para el desarrollo de la geometría en Synchro, con la cual se consigue que la modelación sea lo más cercana posible a las condiciones que se tienen en terreno.

Imagen 23: Modelación geometría actual - Synchro

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2. Volúmenes Actuales

Al software son ingresados los volúmenes vehiculares aforados, la composición vehicular obtenida y las demás condiciones obtenidas con los estudios de tránsito.

Imagen 24: Modelación volúmenes actuales con la geometría actual. - Synchro

Fuente: Elaboración Propia

6.1.3. Velocidades

Distancias y velocidades de la intersección. Las velocidades ingresadas al software corresponden a las calculadas a partir de los datos tomados en campo

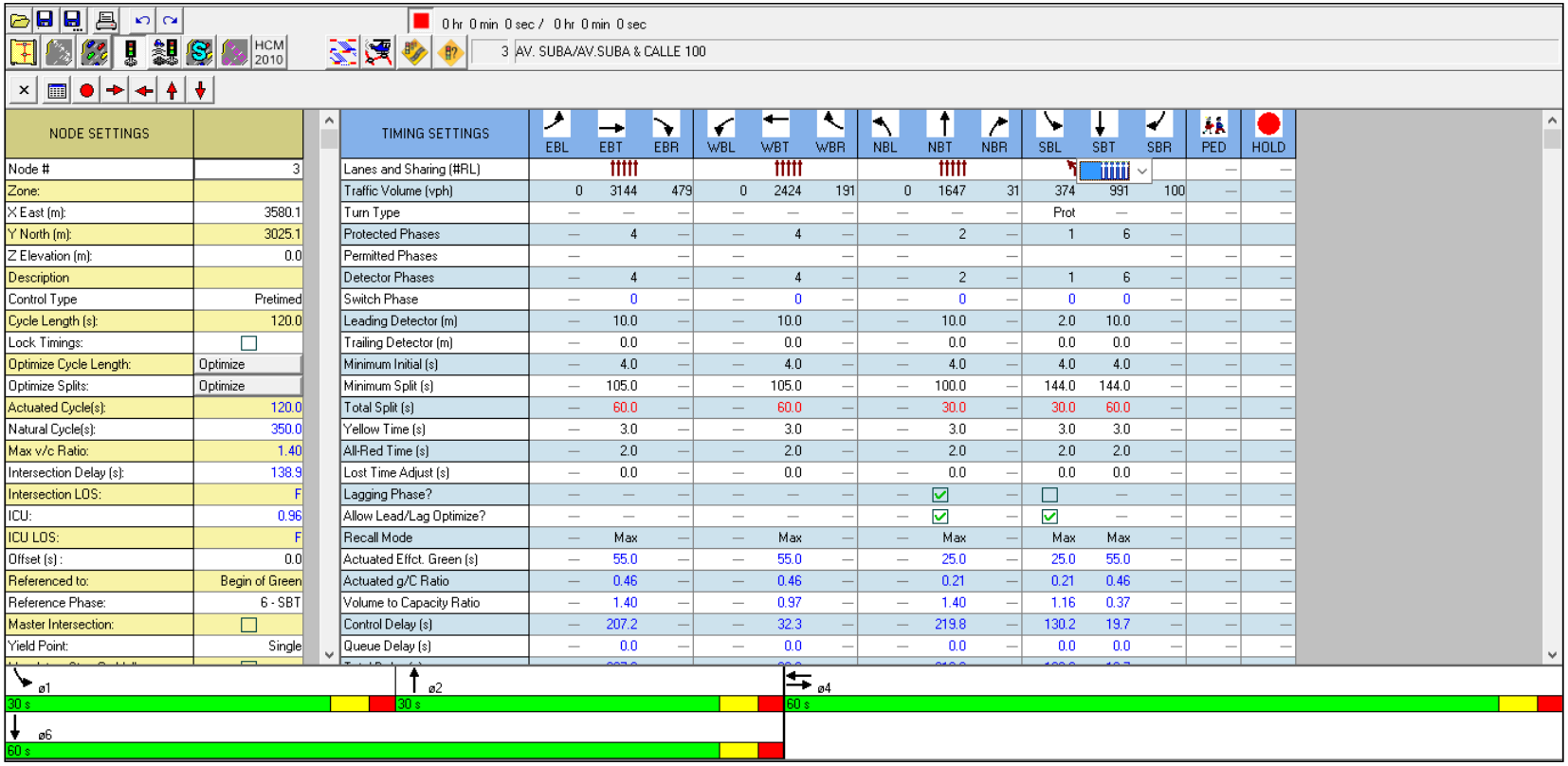
Imagen 25: Modelación velocidades tomadas. Synchro

Fuente: Elaboración propia

6.1.4. Fases Semafóricas.

Para la programación semafórica actual fueron obtenidos los tiempos de cada fase en campo, los cuales funcionan en un ciclo de 120 segundos y en tres fases cómo se muestra a continuación:

Imagen 26: Composición de las fases semafóricas Av. Suba con Calle 100. Synchro.



Fuente: Elaboración propia.

Fueron tenidas en cuenta las fases de los semáforos aledaños con el fin de modelar toda la red, la cual se presenta en el anexo 3.1

INTERSECCIÓN AV. SUBA CON CALLE 100

- Fase 1 (Sentido E-W)

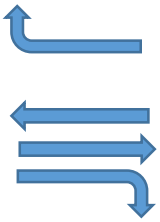


Imagen 27: : Modelación fases semafóricas 1 Av. Suba Synchro

Fuente: Elaboración propia

- Fase 2 (Sentido N-S / S-E)

Imagen 28: Modelación fases semafóricas 2 Av. Suba. Synchro

Fuente: Elaboración propia

- Fase 3 (Sentido N-S / S-N)

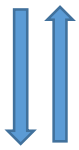
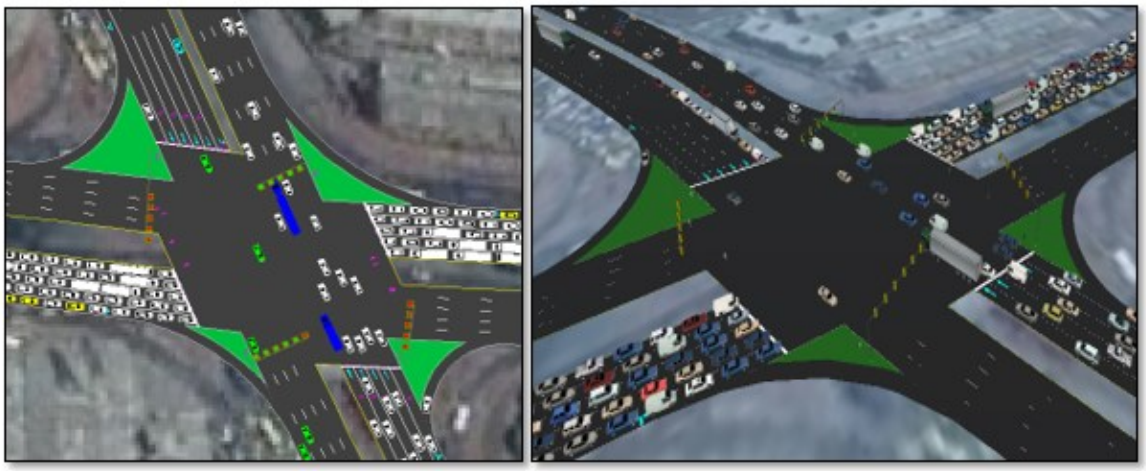


Imagen 29: Modelación fases semafóricas 3 Av. Suba. Synchro



Fuente: Elaboración propia

- **<u>INTERSECCIÓN CALLE 100 CON CARRERA 64</u>**

- Fase 1 (Sentido E-W)

Imagen 30: Modelación fases semafóricas 1 Cra. 64 Synchro

Fuente: Elaboración propia

- Fase 2 (Sentido E-S / W-N)

Imagen 31: Modelación fases semafóricas 2 Cra 64

Fuente: Elaboración propia

Fase 3 (Sentido W-E / W-N)

Imagen 32: Modelación fases semafóricas 3 Cra 64 Synchro

Fuente: Elaboración propia

<u>INTERSECCIÓN CALLE 100 x CARRERA 53</u>

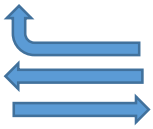
- Fase 1 (Sentido E-W) 

Imagen 33: Modelación fases semafóricas 1 Cra 53 Synchro

Fuente: Elaboración propia

- Fase 2 (Sentido N-E)

Imagen 34: Modelación fases semafóricas 2 Cra 53. Synchro

Fuente: Elaboración propia

6.1.5. Nivel de Servicio

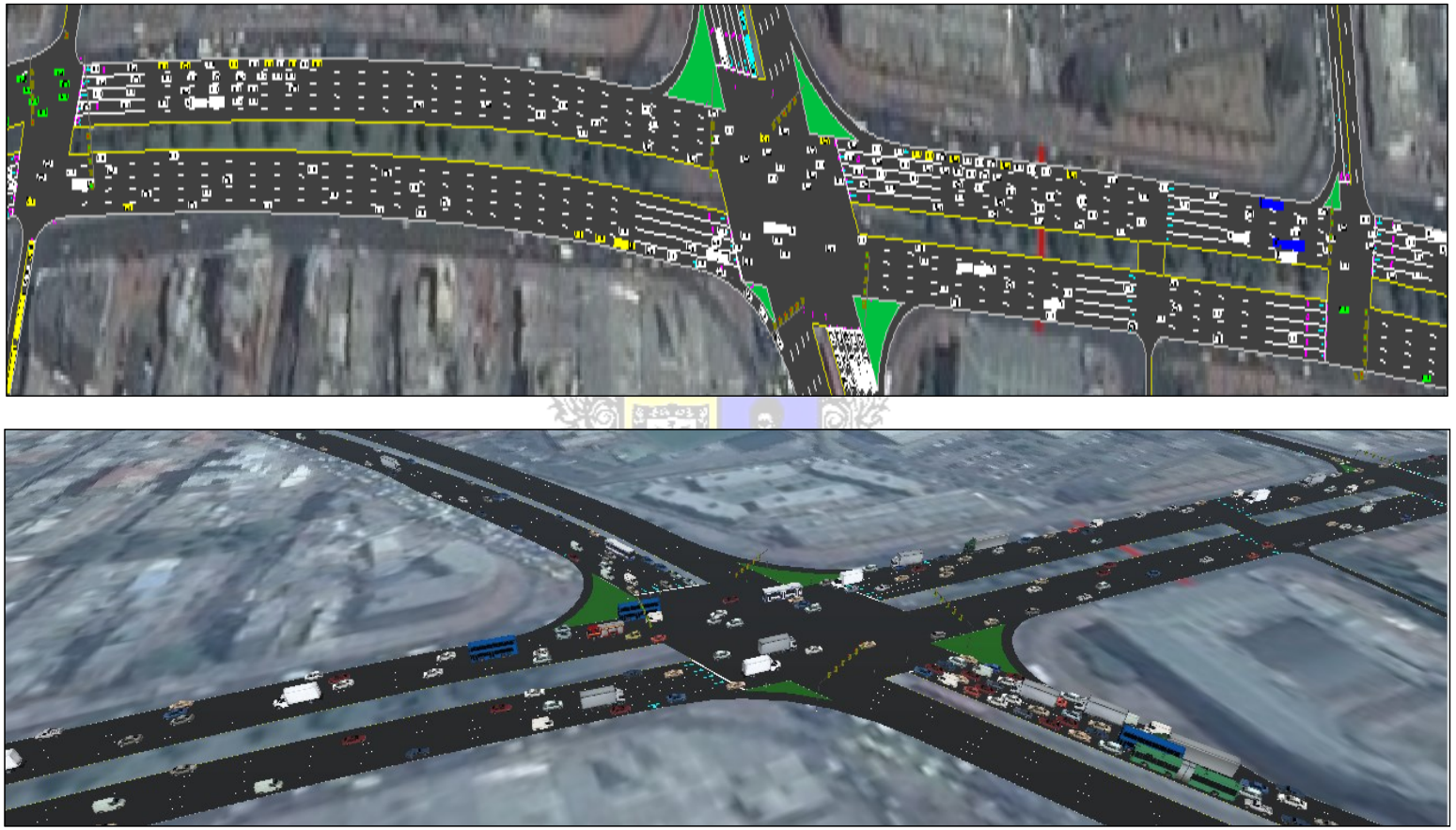
Con la información ingresada al software obtenemos el nivel de servicio de la intersección y de la zona de influencia. Se obtiene un nivel de servicio F, lo cual indica las condiciones críticas bajos las cuales se encuentra operando actualmente la intersección.

Imagen 35: Nivel de servicio obtenido geometría actual vs volúmenes actuales. Synchro

Fuente: Elaboración propia

6.1.6. Modelación en 2D y 3D

Imagen 36: Modelación en 2D y 3D. Synchro



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 3.1 se adjuntan los archivos de la modelación con el fin de que pueda tenerse una representación más adecuada de las condiciones actuales de la intersección.

6.2. Modelación de la geometría actual con los volúmenes futuros.

6.2.1. Geometría actual y volúmenes futuros

La geometría, las velocidades y demás se conserva igual que en la anterior modelación, pero se desarrolla la simulación con los volúmenes proyectados a 20 años según el estudio de tránsito.

Imagen 37: Geometría actual vs volúmenes proyectados a 20 años. Synchro

Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Nivel de servicio.

Al cargar los volúmenes futuros se evidencia que algunos accesos disminuyen su nivel de servicio y la intersección de la carrera 53, la intersección principal se mantiene en nivel de servicio F, pero los accesos que la conforman también se ven afectados.

Imagen 38: Nivel de servicio geometría actual vs volúmenes futuros. Synchro

Fuente: Elaboración propia

6.3. Modelación de la geometría futura con los volúmenes actuales.

6.3.1. Geometría propuesta

La solución planteada consta de un corredor por la Av. Suba que se encuentra deprimido, un corredor sobre la calle 100 que se encuentra a nivel conservando los giros derechos y cuatro enlaces a la izquierda que se encuentran en segundo y tercer nivel, generando así una solución con 4 niveles contados desde la rasante de la Av. Suba.

Imagen 39: Geometría propuesta. Synchro

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Volúmenes Actuales

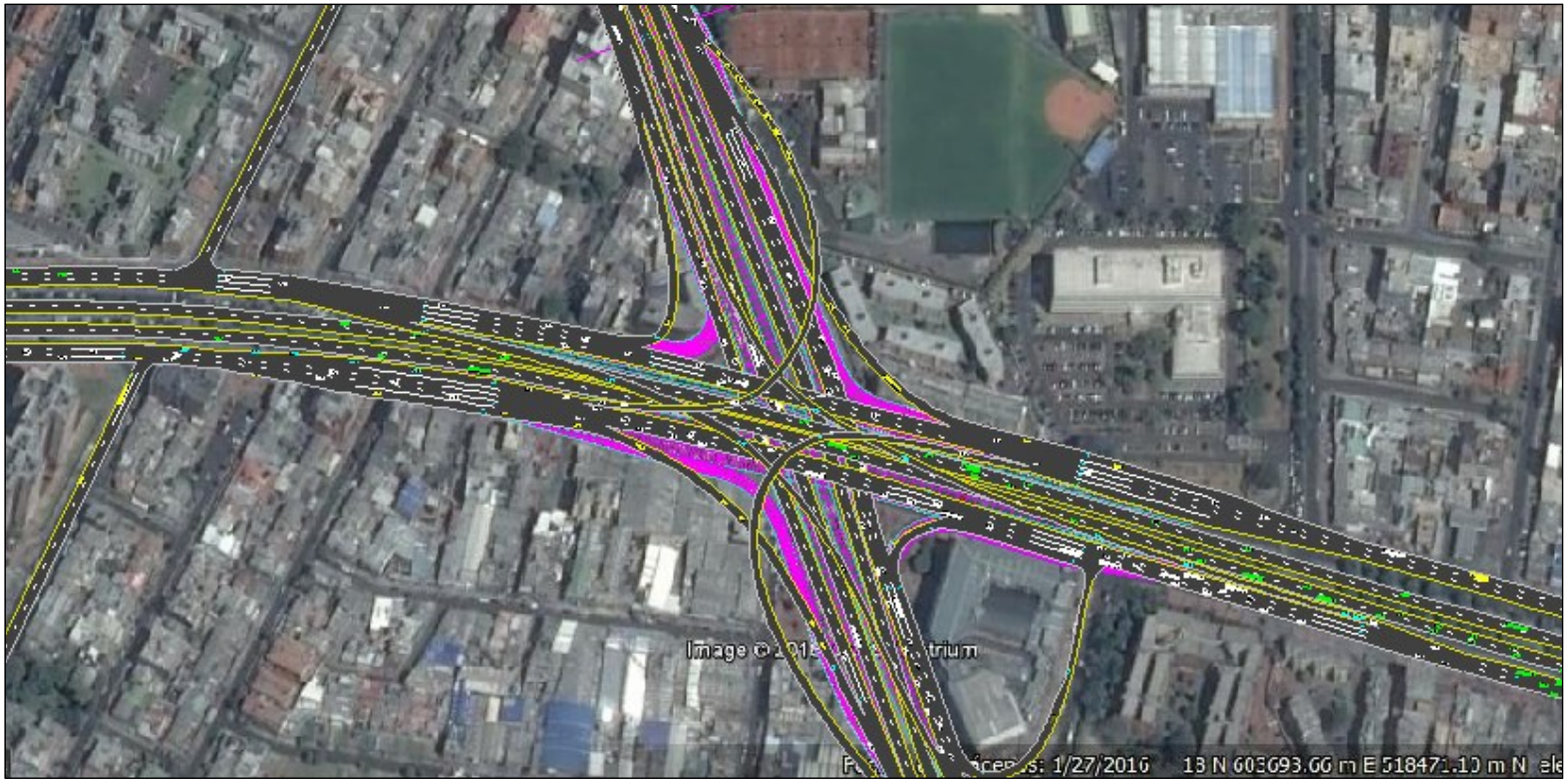
Imagen 40: Volúmenes actuales ajustados a la geometría propuesta. Synchro

Fuente: Elaboración propia

6.3.3. Modelación en 2D y 3D

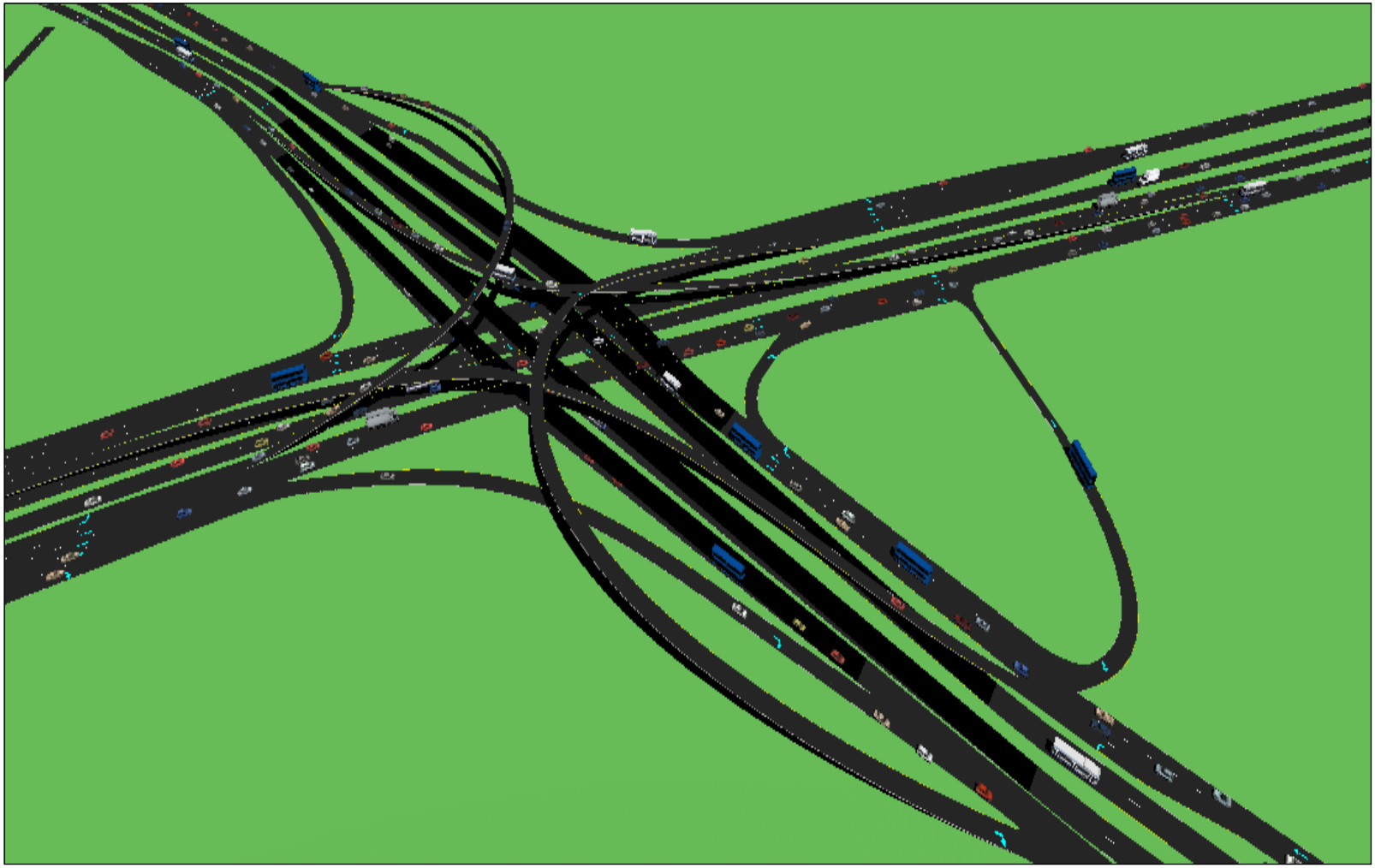
Dado que no se tiene una intersección semaforizada y a nivel, el software Synchro no permite modelar el nivel de servicio de la nueva intersección ni de los enlaces, por lo cual debe ser establecido mediante el análisis de las demoras que se generan que serán abordados en el apartado de análisis de resultados.

Imagen 41: Modelación en 2D geometría propuesta. Synchro



Fuente: Elaboración propia

Imagen 42: Modelación en 3D geometría propuesta



Fuente: Elaboración propia

En el anexo 3.1 se presenta la modelación del diseño con la geometría propuesta y los volúmenes proyectados, a fin de apreciar con mayor facilidad los enlaces a desnivel y la simulación del tráfico.

6.4. Modelación de la geometría actual con los volúmenes futuros.

6.4.1. Geometría propuesta y volúmenes futuros

Imagen 43: Modelación de la geometría propuesta vs los volúmenes finales. Synchro

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción de la geometría final, fue extraído un archivo con extensión .DXF del diseño geométrico realizado en AutoCAD Civil 3D, el cual se usó como bosquejo de fondo a fin de simular una geometría más cercana al trazado que se propone, el cual se encuentra adjunto en el anexo correspondiente a las modelaciones.

7. DISEÑO GEOMÉTRICO.

Teniendo el modelo digital de terreno generado a partir de las curvas de nivel correspondientes al terreno natural, extraídas de una base de datos geográfica perteneciente a la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital y las consideraciones generales para la geometría a desarrollar, fue realizado el diseño geométrico de la intersección en planta, perfil y sección transversal, tal como se describe a continuación:

Tabla 11: Parámetros de diseño

PARAMETROS DE DISEÑO		
CRITERIO	**VALOR**	**FUENTE**
Vehículo de diseño	Vehículo de única unidad L=9.15 mts	AASTHO 2004
Velocidad de diseño Av. Suba	50 Km/h	ESTUDIO DE VELOCIDADES PROPIO
Velocidad de diseño Calle 100	60 Km/h	
Velocidad de los enlaces	30 Km/h	
Tipo de terreno	Plano	AASTHO 2004
Peralte máximo	4% (Vías urbanas)	
Bombeo normal	2%	
Radio mínimo de giro	15 mts	INVIAS 2008
Longitud mínima carril de aceleración	105 mts	
Longitud mínima carril de desaceleración	70 mts	

Pendiente longitudinal mínima	0.50%	
Pendiente longitudinal máxima	8%	
Ancho de carril mínimo en los enlaces	6 mts (En función del radio interno)	AASTHO 2004

Fuente: Elaboración propia

7.1 Diseño en planta.

7.1.1. Avenida Suba

Se encuentra compuesto por alineamientos formados por empalmes con curvas simples, teniendo en cuenta que en la actualidad su geometría se desarrolla de esta manera y que no es posible realizar empalmes espiralizados, dado que las longitudes de entre tangencia mínima no se cumplen y los segmentos circulares no pueden ser los suficientemente grandes para adaptarse a la longitud mínima requerida según los criterios de diseño. Fue realizado una velocidad de 50 km/h y cuenta con cuatro ejes horizontales, dos para cada sentido de circulación y dentro de los cuales se encuentra uno para la troncal de Transmilenio y otro para el tráfico mixto. Posee radios de curvatura entre 190 metros y 770 metros, deltas que no superan los 4° y alineamientos con longitudes menores a 1 km.

7.1.2. Calle 100

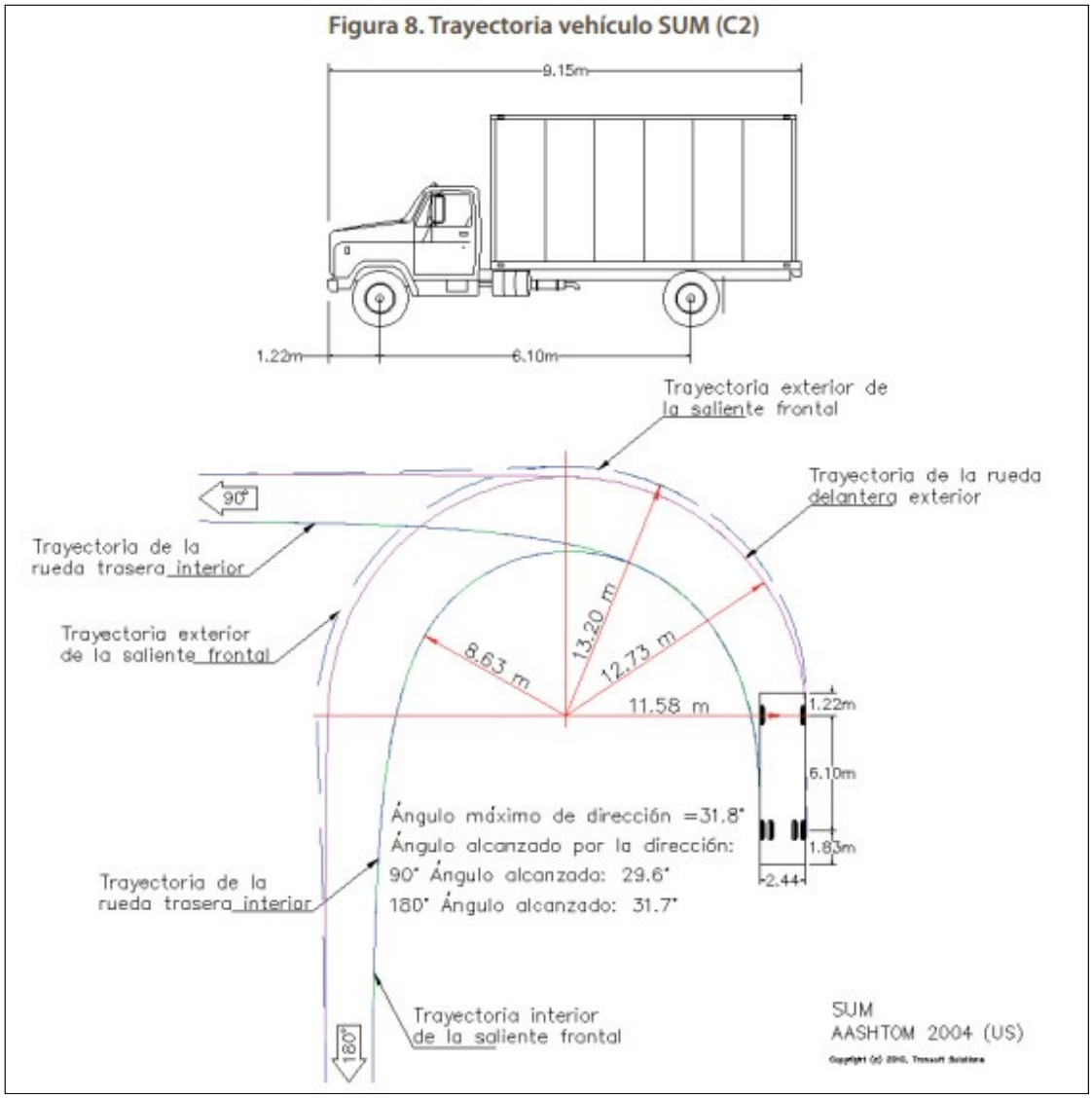
Fue desarrollado bajo las mismas consideraciones de la Av. Suba, a una velocidad de 60 km/h con radios de curvatura entre los 700 metros y 1700 metros, con deltas que no mayores a 1°. Cuenta con dos ejes por sentido de circulación, uno para tráfico rápido y otro para el tráfico lento, los

cuales son utilizados en su totalidad por transito mixto y se tuvo como consideración general para su diseño los anchos de las vías existentes, intentando minimizar las afectaciones a las edificaciones aledañas.

7.1.3. Giros a la derecha.

Los giros a la derecha fueron diseñados contemplando una velocidad de 30 km/h, en función de los radios mínimos de giro en establecidos por la normativa de la AASTHO (2004), teniendo en cuenta los respectivos carriles de cambio de velocidad y los anchos de carril especial de acuerdo a la velocidad y un radio interno mínimo de 15 metros. Fueron desarrollados cuatro giros en total, diseñados por sus bordes, dos de ellos con empalmes simples y dos con empalmes espiralizados. Según los estudios de tránsito realizados, el vehículo pesado que hace uso de esta intersección con mayor frecuencia es el Vehículo Tipo Camión Grande de 2 Ejes C2 – G, por lo cual fue adoptado para el diseño de los giros derechos a nivel, en concordancia con las dimensiones de los vehículos de diseño manejados por la AASTHO (2004), donde es clasificado cómo un vehículo camión de única unidad o tipo SU (Sigle Unit), Longitud: 9.15 mts.

Imagen 44: Dimensiones vehículo de diseño.



Fuente: AASTHO 2004

Además de esto, según sus dimensiones, se puede decir que tanto la Av. Suba como la Calle 100 hacen parte de la malla Arterial Intermedia de la ciudad. Según los perfiles viales de tipo de vía contenidos en el POT de Bogotá, se puede clasificar como una vía tipo V-2, con lo cual también se encuentra concordancia con el vehículo de diseño escogido según la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá - IDU.

Imagen 45: Vehículo de diseño de acuerdo al tipo de vía

CONDICIÓN	TIPO DE VEHICULO DE DISEÑO										
	V.L	V.P			V.S-V.E	V.T.					
	Auto (PM-5.79M)	*CAMIÓN (WB-12M)*	*CAMIÓN (WB-15M)*	*CAMIÓN (WB-19M)*	*CAMIÓN C2 - G (SUM - 9.15 M)*	*MICROBUS (19 PAS - 6.28 M)*	*BUSETA (40 PAS - 7.59 M)*	*BUSETÓN (50 PAS - 8.42 M)*	*PADRON (80 PAS - 12.25 M)*	*ARTICULADO (160 PAS - 18.29 M)*	*BIARTICULADO (240 PAS - 27.57 M)*
JERARQUÍA FUNCIONAL											
ARTERIALES PRINCIPALES					•						
Autopistas Urbanas					•						
Vías Rápidas Urbanas					•						
Vías Arterias Convencionales					•						
VÍAS COMPLEMENTARIAS					•						
VÍAS INTERMEDIAS					•						
VIAS LOCALES *	•				•						
VOCACIÓN DE TRANSPORTE											
RED DE TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO *										•	•
RED DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO *						•	•	•	•		
RED DE TRANSPORTE DE CARGA *		•	•	•	•						
ÁREA DE ACTIVIDAD											
Residencial *	•				•						
Dotacional					•						
Comercio y Servicios *		•			•						
Central *	•				•						
Integral					•						
Industrial *		•	•	•							
Minera *		•	•	•							

V.L: Vehículos Liviano - V.P: Vehículos Pesados - VS-VE: Vehículos Proveedores y de Servicios y Vehículos de Emergencia - V.T: Vehículos de Transporte.
Lon números entre paréntesis corresponden a la longitud total del vehículo.
* Cuando una condición acepte diferentes tipos de vehículos de diseño se escogerá el más exigente en función de la composición vehicular registrada y/o de acuerdo con el tránsito desarrollado o atraído.

Fuente: IDU

7.1.4. Enlaces a la izquierda.

Se tienen cuatro ejes de diseño para los enlaces a la izquierda, uno para cada salida de la intersección, a una velocidad de 30 Kms/h, teniendo en cuenta empalmes tipo espiral – circulo – espiral y circulares simples, con radios entre 60 metros y 150 metros y anchos de carril acordes a los requeridos según la AASTHO. Este tipo de enlaces fueron realizados a desnivel y también

cuentan con sus respectivos carriles de aceleración y desaceleración. En todos estos enlaces se tuvo la precaución de empalmar el desnivel a los carriles de tráfico lento, por lo cual en algunos casos fue posible conectarlos por la izquierda a las vías principales, cómo el proveniente de la Av. Suba que conecta con la calle 100 al occidente y el su opuesto que conecta la Av. Suba desde el norte con la Calle 100 al oriente, pero en otros casos, como los dos restantes fue necesario entregarlos por el costado derecho también al carril lento, dadas las escasas posibilidades de utilización del espacio entre las vías de sentido opuesto y los reducidos separadores.

Tabla 12: Longitud de carriles de cambio de velocidad.

Longitud mínima del carril de aceleración								
VIA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)								
Velocidad especifica del ramal entrada(1) o de enlace (2) (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Especifica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	90	70	55	45	-	-	-
60	55	140	120	105	90	55	-	-
70	60	185	165	150	135	100	60	-
80	65	235	215	200	185	150	105	-
100	75	340	320	305	290	255	210	105
120	90	435	425	410	390	360	300	210
VIA SECUNDARIA (CALZADA DE DESTINO)								
50	45	55	45	45	45	-	-	-
60	55	90	75	65	55	55	-	-
70	60	125	110	90	75	60	60	-
80	65	165	150	130	110	85	65	-
100	75	255	235	220	200	170	120	75
120	90	340	320	300	275	250	195	100
(1) Ramal de entrada en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.								
(2) Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel (V_{RE})								

Fuente: AASTHO 2004

Tabla 13: Longitud de carriles de cambio de velocidad - 2.

Longitud mínima del carril de desaceleración								
VIA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)								
Velocidad especifica del ramal entrada(1) o de enlace (2) (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Especifica del elemento de la calzada de origen inmediatamente anterior al inicio del carril de desaceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de desaceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	70	50	45	45	-	-	-
60	55	90	70	70	55	55	-	-
70	60	105	90	90	75	60	60	-
80	65	120	105	105	90	75	65	-
100	75	140	125	125	110	95	80	75
120	90	160	145	145	130	130	110	90
(1) Ramal de salida en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.								
(2) Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel (V_{RE})								

Fuente: AASTHO 2004

7.2. Diseño en perfil.

Cada alineamiento horizontal cuenta con su respectivo diseño vertical, dentro de los cuales comparten características entre sí de pendientes máximas. Máximas y gálibos. Todos los alineamientos verticales fueron desarrollados contemplando un valor mínimo de 0.3 % a fin de ajustar lo mayor posible el diseño a la topografía existente, la cual es de tipo plana. Cómo valor máximo fue utilizada una pendiente de ± 8% y todos los parámetros de las curvas verticales fueron ajustados a la velocidad de diseño, en este caso 30, 50 y 60 km/h. Para el caso de la Av. Suba, fue desarrollado el diseño vertical teniendo en cuenta que este corredor fue deprimido al cruzar la Calle 100 y para lo cual se contempló un gálibo mínimo de 7.50 metros, con curvas cóncavas y convexas entre los 60 y los 140 metros.

La calle 100 por su parte fue mantenida a nivel y en algunos casos la diferencia algebraica de pendientes no superaba el 0.6, por lo cual no fue necesario emplear curvas verticales en estos tramos. De la misma manera fueron desarrollados los giros a la izquierda.

Finalmente, los enlaces a la izquierda cuentan con dos niveles diferentes, conservando el mismo valor del gálibo, por lo cual para el giro izquierdo proveniente del sur por la Av. Suba hacia el occidente por la calle 100 y el proveniente del norte por la Av. Suba hacia el oriente por la calle 100, fueron diseñados al segundo nivel, tomando la calle 100 como punto de referencia. Los dos giros restantes fueron diseñados teniendo en cuenta el cumplimiento del gálibo en los puntos de cruce con los enlaces ya diseñados, por lo cual estos se encuentran a un tercer nivel medido desde el mismo punto que los anteriores. Con esto, se tienen diseños verticales a cuatro niveles diferentes, teniendo en cuenta la realización de sus respectivas curvas de empalme a la entrada y salida de cada uno de los puntos de empalme con las vías a nivel.

7.3. Diseño de la sección transversal.

La sección transversal empleada en todo el diseño en cuanto a su estructura, la cual fue asumida a libertad y debe ser cambiada a criterio de un diseño de pavimento, el cual no está dentro del alcance del presente diseño geométrico. Para su diseño, fue empleado un ancho de carril de acuerdo al radio interno de los giros, con una pendiente transversal de bombeo equivalente al 2%, y un peralte máximo del 4%, o según el radio y la velocidad. Para las vías principales fue conservado su número de carriles, en especial para la calle 100. El diseño del corredor de la Av. Suba conserva los carriles exclusivos para Transmilenio, dos por cada sentido y para el transito mixto se generó una transición para pasar de tres carriles a dos carriles desde la calle 100 al sur, dada la geometría actual y las limitaciones que se tienen de espacio. Para los demás enlaces a desnivel y los giros

principales fue empleado un carril por cada sentido, con su respectivo ancho según la AASTHO (2004).

Tabla 14: Anchos de carril de acuerdo al radio de giro

Ancho de calzada en ramales de salida o de entrada enlace en función del Radio interior.		
RADIO INTERIOR (m)	ANCHO DE UN CARRIL SENCILLO, W (m)	ANCHO DE CALZADA CON UN ÚNICO CARRIL CON ESPACIO PARA SOBREPASAR UN VEHÍCULO ESTACIONADO, W (m)
15	6.20	9.50
20	5.70	8.90
25	5.30	8.40
30	5.00	8.00
40	4.60	7.40
50	4.50	7.00
75	4.50	6.50
100	4.50	6.20
150	4.50	6.10
Derecho	4.50	6.00

Fuente: AASTHO 2004

Tabla 15: Tabla de peraltes Max. 4% - vías urbanas.

METRIC									
e (%)	*Vd= 20 Km/h R (m)*	*Vd= 30 Km/h R (m)*	*Vd= 40 Km/h R (m)*	*Vd= 50 Km/h R (m)*	*Vd= 60 Km/h R (m)*	*Vd= 70 Km/h R (m)*	*Vd= 80 Km/h R (m)*	*Vd= 90 Km/h R (m)*	*Vd= 100 Km/h R (m)*
1.5	163	371	679	961	1310	1740	2170	2640	3250
2	102	237	441	632	877	1180	1490	1830	2260
2.2	75	187	363	534	749	1020	1290	1590	1980
2.4	51	132	273	435	626	865	1110	1390	1730
2.6	38	99	209	345	508	720	944	1200	1510
2.8	30	79	167	283	422	605	802	1030	1320
3	24	64	137	236	356	516	690	893	1150
3.2	20	54	114	199	303	443	597	779	1010
3.4	17	45	96	170	260	382	518	680	879
3.6	14	38	81	144	222	329	448	591	767
3.8	12	31	67	121	187	278	381	505	658
4	8	22	47	86	135	203	280	375	492
Note: Use of e_{max}= 4% should be limited to urban conditions.									

Fuente: AASTHO 2004

En el anexo 4 se presentan las tablas empleadas para el trazado horizontal de los alineamientos. y demás elementos.

8. SEÑALIZACIÓN PROPUESTA

Para el diseño geométrico propuesto se tendrá en cuenta toda la señalización vial reglamentaria, preventiva e informativa. Se destacará la señalización informativa ya que esta permitirá a los usuarios de la vía conocer la nueva ruta dependiendo el destino al cual se dirijan. Lo anterior teniendo en cuenta que se pasaría de una intersección a nivel con control semafórico a una intersección a desnivel con enlaces en los diferentes giros posibles, que permiten un flujo vehicular continuo tanto en la Avenida Suba como en la Calle 100, además de brindar la posibilidad de cambiar de rumbo hacia cualquier salida de la intersección, sin que esto afecte la operación normal de las demás corrientes vehiculares. Tanto en la Avenida Suba como en la Calle 100 se propone implementar la siguiente señalización vertical.

8.1. Señales Reglamentarias:

- **(SR-02) CEDA EL PASO:** Señal de ceda el paso que debe ser ubicada en la finalización de todos los giros derechos y enlaces a la izquierda, indicando al conductor que la prioridad la llevan los vehículos que transitan sobre la vía principal y a la cual están ingresando.

Imagen 46: Señal reglamentaria de Ceda el Paso

Fuente: Manual de señalización vial (2015)

- **(SR-26) PROHIBIDO ADELANTAR:** Empleada para controlar la circulación de los vehículos sobre los enlaces a desnivel a la izquierda y en los giros a la derecha, aun teniendo los anchos de carril especiales necesarios para alojar una corriente vehicular doble, en caso de presentarse una situación de imprevisto.

Imagen 47: Señal reglamentaria Prohibido Adelantar

Fuente: Manual de señalización vial (2015)

- **(SR-30) VELOCIDAD MÁXIMA:** Para regular la velocidad de operación dentro de los enlaces (30 km/h) y de las vías principales (50 km/h).

Imagen 48: Señal reglamentaria Velocidad Máxima

Fuente: Manual de señalización vial (2015)

- **(SR-32) ALTURA MÁXIMA PERMITIDA:** Utilizada para indicar la altura máxima permitida o gálibo máximo de 6 metros, teniendo en cuenta la depresión generada a la Av. Suba y los enlaces a la izquierda que sobrepasan la Calle 100.

Imagen 49: Señal reglamentaria Altura Máxima Permitida

Fuente: Manual de señalización vial (2015)

8.2 Señales Informativas.

Señales informativas elevadas tipo bandera con croquis indicando los diferentes destinos posibles, en las conectantes o giros a la izquierda de la Avenida Suba a tomar la Calle 100 al este o al oeste y las conectantes o giros a la izquierda de la Calle 100 a tomar la Avenida Suba al norte o al sur respectivamente:

Imagen 50: Señal informativa con croquis

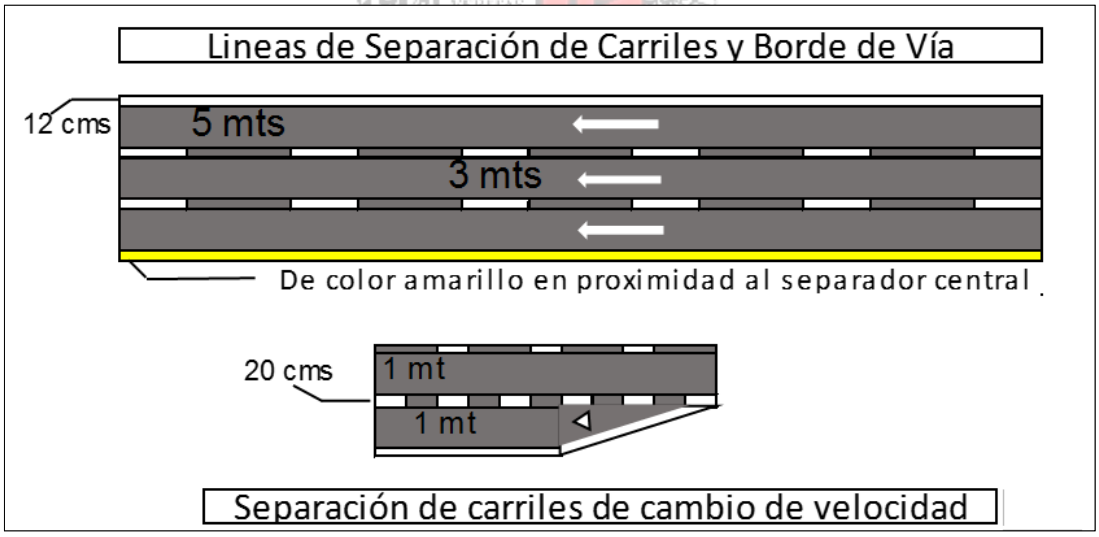
Ecuación 1Fuente: Elaboración propia

8.3 Señalización Horizontal

Para la demarcación de los carriles deben ser implementadas marcas longitudinales de color blanco, de 12 cms de ancho, con una relación de longitudes entre segmento y espacio de 3 y 5 metros respectivamente. (3,0 metros pintados, 5,0 metros sin pintar.)

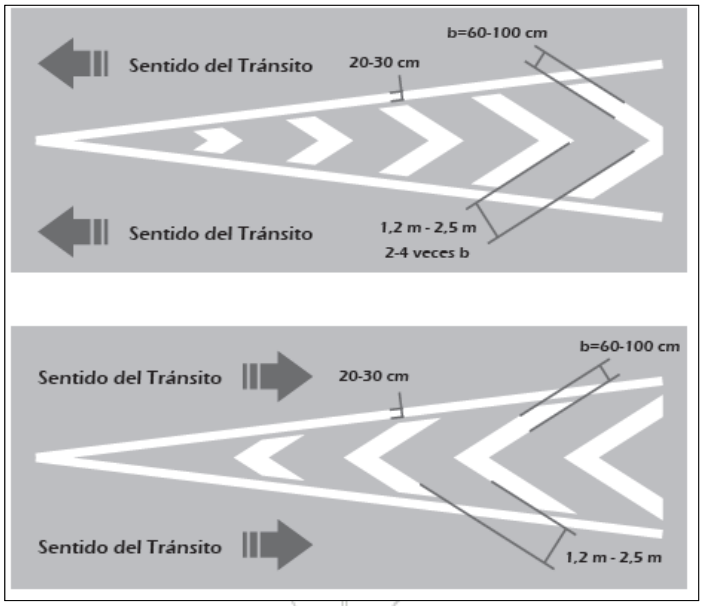
Las líneas de borde de pavimento deben ser demarcadas de manea continua, en el mismo ancho que las anteriormente mencionadas. Para las líneas de separación de los carriles de aceleración y desaceleración, deben ser plasmadas sobre la superficie de rodadura marcas longitudinales de color blanco, con un ancho de 20 centímetros, intermitentes con tramos de 1 metro y separadas 1 metro según se muestra en la imagen 62. Estos carriles deben contar con sus respectivas líneas de separación de rampas de entrada o salida, y la demarcación de divergencia o convergencia según lo especifica el manual de señalización vial.

Imagen 51: Líneas de demarcación bordes de vía carriles.



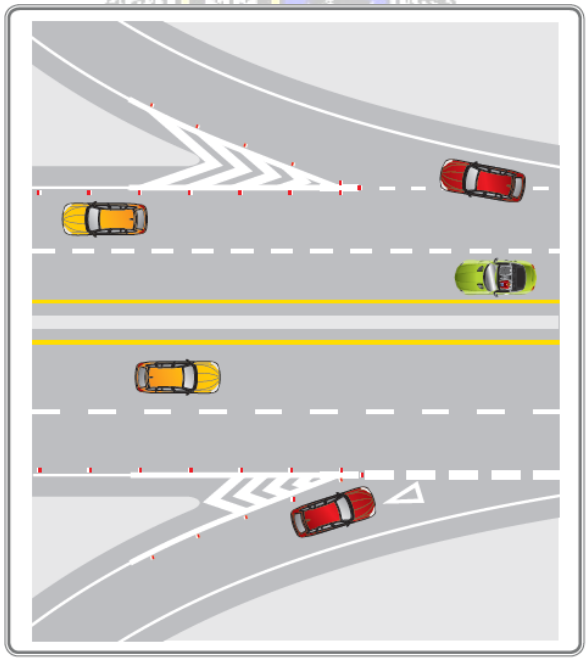
Fuente: Elaboración propia

Imagen 52: Señalización de rampas de salida y acceso



Fuente: Manual de señalización vial (2015)

Imagen 53: Demarcación de divergencia y convergencia

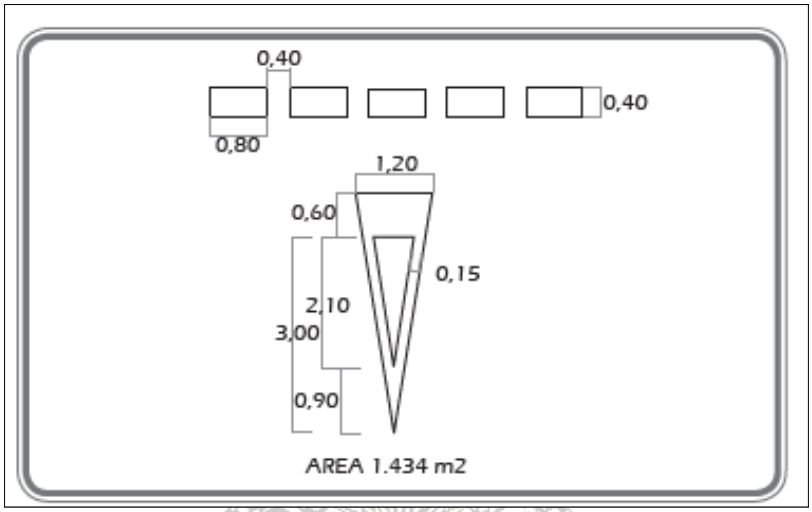


Fuente: Manual de señalización vial (2015)

La pintura de la demarcación de Ceda el Paso deberá tener una longitud de 3,6 metros y un ancho de 1,20 metros, con su respectiva línea intermitente de 40 centímetros, franjas pintadas de

40 centímetros de longitud, espaciadas 80 centímetros entre ellas y de color blanco como toda la anterior señalización.

Imagen 54: Señalización horizontal de Ceda el Paso



Fuente: Manual de señalización vial (2015)

8.4 Otros dispositivos de señalización.

En los enlaces elevados deben ser empleados delineadores de curva horizontal (DCH), los cuales se ubican sobre el borde externo la curva, de manera perpendicular a la visual del conductor indicando el sentido de avance de la misma. Serán instalados de acuerdo al radio de curvatura del enlace según el espaciamiento presentado en la tabla 16.

Imagen 55: Demarcación de Curva horizontal

Fuente: Manual de señalización vial (2015)

Tabla 16: Espaciamiento de señal de demarcación en curvas

Radio de Curvatura (m)	Espaciamiento en curva
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27

: Fuente: Manual de señalización vial (2015)

En el anexo 4 se presenta la señalización propuesta en un plano de planta general del diseño.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

9.1. Geometría actual vs volúmenes actuales

El nivel de servicio encontrado con la modelación de las condiciones actuales en el programa SYNCHRO 8 en la intersección de la calle 100 con avenida suba fue nivel F, la intersección de la calle 100 con carrera 64 fue nivel F y la intersección de calle 100 con carrera 53 fue nivel C, lo anterior teniendo en cuenta los altos volúmenes vehiculares y los tiempos semafóricos. De allí la necesidad de proponer en la intersección de la avenida suba con calle 100 un diseño a desnivel que mantenga flujos constantes de tráfico, sin dispositivos semafóricos y que permita los diferentes movimientos y giros requeridos en la intersección.

A su vez, si se analiza la influencia del giro izquierdo que actualmente se realiza en el acceso norte por la Av. Suba para tomar la calle 100 a oriente, se tiene que este giro por sí mismo genera una demora considerable para el volumen que aloja, dado el poco tiempo de verde que tiene en la fase semafórica, y además de esto genera afectaciones en los vehículos que circula de sur a norte y por la avenida suba, generando unas demoras que exceden los 60 segundos las cuales actualmente se ven reflejadas en las congestiones que se presentan frente al centro comercial Iserra 100.

Por otra parte, la circulación por la calle 100 tiene un tiempo de verde de mayor duración con respecto a la Av. Suba, lo cual genera una restricción adicional al flujo en sentido norte – sur a pesar de que este tenga un bajo volumen. Así mismo al tener intersecciones y accesos que están funcionando con un nivel de servicio inferior al C, como en el caso de la Av. Suba y la Calle 100, es más clara la justificación de necesitar implementar una solución.

Imagen 56: Demoras por vehículos detenidos - condiciones actuales. Synchro

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se evidencia la demora que genera sobre la calle 100 el giro permitido en la carrera 64, el cual debe efectuar un usuario que se dirige por la calle 100 al oriente o por la carrera 64 desde el sur y desea cambiar su hacia la Av. Suba al norte. Este volumen de vehículos que giran al norte también generan demoras sobre la calle 100 antes de llegar a la carrera 64. A su vez se evidencia la demora que generan los vehículos detenidos en los mismos puntos y su influencia sobre las intersecciones aledañas.

9.2. Geometría actual vs volúmenes futuros

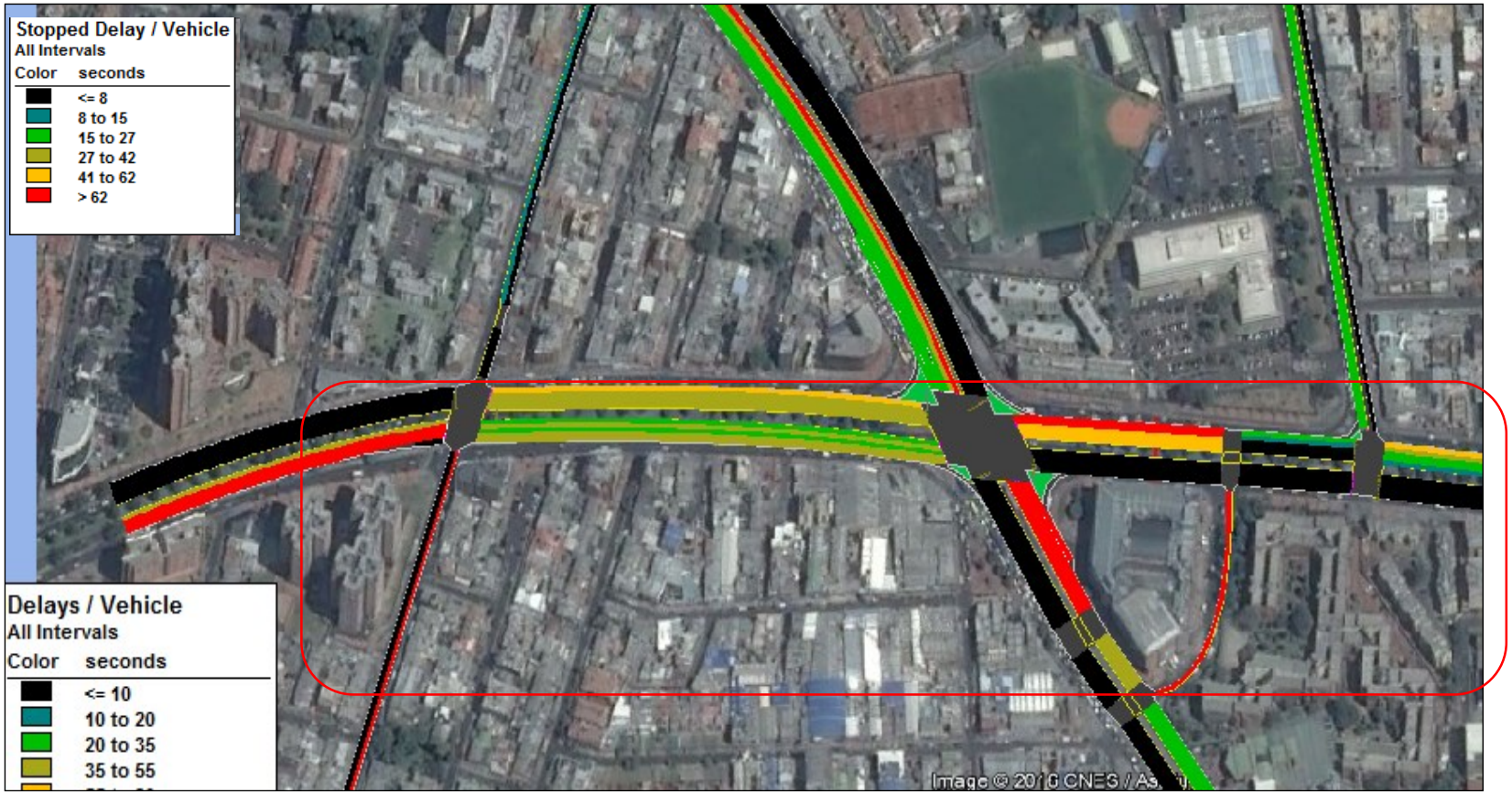
Al conservar esta geometría y utilizar los volúmenes estimados del tránsito a 20 años, se tiene que todos los accesos de la Av. Suba con Calle 100 estarían funcionando por encima de su capacidad y que intersecciones cómo la de la Calle 100 con Carrera 53 pasaría de tener un nivel de servicio Tipo B a uno Tipo D a pesar de los bajos volúmenes que distribuye esta intersección.

A su vez, al igual que la geometría y los volúmenes anteriores la Av. Suba seguirá presentando congestiones considerables, lo cual entre otras cosas también atiende en las reducciones drásticas que actualmente la Av. Suba presenta en su sección trasversal en longitudes tan cortas, pasando de cuatro carriles a dos. Se añade a esto las afectaciones que estas demoras generarían sobre la calle 100 antes de llegar a la Av. Suba y en la salida del centro comercial Iserra 100, pues es la Av. Suba la única salida que posee el centro y la zona residencial aledaña, las cuales deben converger a una vía que viene congestionada por sus escasas dimensiones desde muchos metros atrás.

Otra de las interferencias presentadas son las largas colas que se generarían sobre la calle 100, lo cual nos requeriría de una revisión a la programación y coordinación semafórica de las tres intersecciones, a fin de generar una ola verde de mayor cubrimiento por la calle 100, la cual es la que alberga los mayores volúmenes vehiculares.

En la Imagen 44 se encuentran marcadas con rojo las zonas que tendrían afectaciones de gran consideración con estos volúmenes, teniendo en cuenta que en condiciones ideales la demora máxima permitida no debería superar los 35 segundos para tener un nivel de tipo C, según HCM 2000. En la modelación adjunta en el Anexo 3.1 se puede además visualizar las colas generadas en las mismas zonas.

Imagen 57: Demoras generadas por los volúmenes futuros en la geometría actual



Fuente: Elaboración propia.

Se estima que estas condiciones podrían generarse de manera más crítica, teniendo en cuenta que en la presente modelación se está integrando la corriente del carril rápido con la del mixto, al tener corrientes por separado el carril mixto presentaría unas condiciones de saturación mayores.

9.3. Geometría propuesta vs volúmenes actuales

Con la geometría que se propone ya no es posible establecer niveles de servicio por intersección como se hizo anteriormente, dado que el software permite modelar el LOS cuando son cruces realizados a nivel y están controlados por medio de un elemento regulador del tránsito (Semáforo, Señal de Pare o Ceda el paso).

En este caso, se tienen enlaces que solo generan una zona de entrecruzamiento en sus salidas y llegadas, por lo cual el único parámetro que puede evaluarse para estimar un nivel de servicio es el factor de Utilización de la Capacidad de la Intersección, mediante el cual se establece una idea general de cómo está funcionando el enlace o la vía y la capacidad extra que se encuentra disponible para manejar las variaciones del tránsito o los incidentes.

Este parámetro a su vez puede relacionarse con los parámetros establecidos por el HCM 2010 para determinar el LOS, como se muestra en la tabla 12, y de donde se puede inferir según la modelación de la imagen 46, que todos los enlaces funcionarían a menos del 70% de su capacidad, generando niveles de servicio tipo C, los cuales serían apropiados para una intersección con enlaces de este tipo y para una vía de tipo urbana. Los volúmenes actuales con la geometría propuesta tendrían una interacción adecuada para dar solución a la interferencia que generan los giros izquierdos a los movimientos directos.

Tabla 17: LOS a partir del ICU

ICU	NIVEL DE SERVICIO
0 a 55%	A
>55% a 64%	B
>64% a 73%	C
>73% a 82%	D

>82% a 91%	E
>91% a 100%	F
>100% a 109%	G
>109%	H

Fuente: Guía del usuario Synchro 8 Studio.

Imagen 58: ICU por enlaces en la geometría propuesta. Synchro

Fuente: Elaboración propia.

Las mayores colas generadas se evidencian en los enlaces izquierdos que llegan a la Av. Suba por el norte y a la Calle 100 por el occidente.

Imagen 59: Demoras generadas con la geometría propuesta vs volúmenes actuales. Synchro

Fuente: Elaboración propia

Imagen 60: Colas generadas geometría propuesta vs volúmenes actúales. Synchro

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la Av. Suba es debido a la reducida geometría que recibe estas corrientes (Dos carriles) y el limitado espacio que se tiene para generar una sección transversal de mayores dimensiones, la cual debería ser implementada hasta la siguiente intersección al sur permitiendo la circulación del tráfico mixto por tres carriles. Por otra parte, la calle 100 presentaría unas condiciones parecidas de demora en dicho enlace, dado que a un mismo punto convergen 3 corrientes vehiculares, en las cuales no es posible modelar el carril de desaceleración mediante el software y que no generan un impacto de grandes dimensiones a las vías principales.

9.4. Geometría actual vs volúmenes futuros

Al modelar los volúmenes futuros en la misma geometría, se obtienen condiciones parecidas a las expuestas anteriormente mediante el análisis del ICU, en las cuales se tendrían niveles de servicio entre E y F únicamente para los enlaces que conectan los giros izquierdos que llegan a la Av. Suba. El resto de enlaces y vías principales seguirían prestando un nivel de servicio tipo C y permitirían a su vez un incremento adicional del 30% antes de presentar un colapso.

Por otra parte, al revisar las demoras generadas, se evidencia el impacto positivo de la geometría propuesta, dado que las vías principales estarían exentas de estas afectaciones generadas las cuales solo se presentarían en los enlaces izquierdos debido a los altos volúmenes que actualmente y a futuro almacenarían. El enlace que permite a los vehículos que salen del centro comercial Iserra también presenta una demora considerable de tipo operacional, la cual también se vería aliviada con una intervención a la actual geometría de la Av. Suba.

En general las condiciones obtenidas mediante la modelación final, nos permiten afirmar que, dado el desarrollo de un proyecto con estas características, el sector experimentaría cambios en beneficio de la movilidad.

Se asume también que las demoras que se presentan en la carrera 64 también se verían disminuidas dado que los vehículos que requieran tomar la Av. Suba al norte tendrían la posibilidad de hacerlo por medio de los enlaces propuestos.

Imagen 61: ICU obtenido geometría propuesta vs volúmenes futuros.

Fuente: Elaboración propia.

Las zonas presentadas en color negro en la imagen 62, serían zonas por las cuales los vehículos podrían tener una circulación a flujo libre, en especial las corrientes de los movimientos directos que aliviarían las congestiones que actualmente se presentan en la zona.

Imagen 62: Demoras obtenidas geometría propuesta vs volúmenes futuros.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 63: Colas generadas en la geometría propuesta a 20 años.

Fuente: Elaboración propia

Las colas más significativas se verán generadas en los enlaces izquierdos que convergen a la avenida suba por el norte y a la calle 100 por el oriente, generando unas condiciones de flujo libre en las vías principales.

9.5. Análisis de la red con volúmenes actuales y volúmenes futuros

Mediante el análisis de los reportes, inicialmente son claras las criticas condiciones de funcionamiento actual de la Calle 100 con Av. Suba, dadas las largas colas que se evidencian sobre la Av. Suba en sentido sur – norte y por la calle 100 en sentido occidente - oriente las cuales sobrepasan los 250 metros, hasta casi alcanzar la intersección de la carrera 64. También puede apreciarse la influencia del giro a la izquierda que actualmente se puede realizar en la Av. Suba, la cual genera una reducción considerable, en la velocidad de operación de la calle 100 la cual se mueve a 15 kms/h, la cual también se presenta sobre la Av. Suba por el acceso sur, donde se tiene una cola que genera restricción a los vehículos que requieren salir del centro comercial Iserra 100. Este giro izquierdo por sí solo, al tener un elevado volumen también genera una cola de 390 metros y a su vez obstrucciones sobre la actual intersección de la Av. Suba con la Cra 64. Antes de la finalización de la hora pico, se tiene como resultado final que tanto el Acceso Sur de la Av. Suba como el Acceso occidente de la calle 100 se encuentran colapsados por completo, generando una sola fila de vehículos que supera toda la red modelada.

Al analizar la red con los con los volúmenes proyectados a 20 años se tendría una disminución en la velocidad de operación de la Av. Suba, la cual tendría una velocidad máxima de 8 kms/h y en varios de sus carriles directos se tienen vehículos completamente detenidos, generando colas hasta de 500 metros y de hasta 270 metros sobre algunos carriles de la calle sobre la Calle 100, alcanzando a bloquear además la intersección de la calle 100 con carrera 53, la cual actualmente funciona en condiciones aceptables, sin demoras considerables. Al finalizar la hora de máxima demanda, es aún más critica la demora que se genera debido a que muchos de los carriles han sobrepasado su capacidad. El volumen que se estima seguiría girando a la izquierda, bloquearía la

intersección anterior al norte, generando afectaciones considerables a ambos flujos sobre las vías principales, con lo cual se hace más clara la necesidad de una solución que elimine la influencia de estos giros sobre las demoras que se presentan en los corredores principales.

9.6. Análisis de la geometría propuesta.

Con la implementación de una nueva geometría, uno de los parámetros que experimentaría grandes beneficios, sería la velocidad de operación promedio, la cual subiría a 38 km/h, en la calle 100 y la Av. Suba principalmente, las colas también disminuirían de manera considerable, al pasar a una única fila de vehículos de 170 metros de longitud sobre el enlace izquierdo que conecta la calle 100 con la Av. Suba al norte y que además no supera la longitud total de enlace, de donde es posible afirmar que un usuario que desee dirigirse por la Av. suba al norte disminuiría por un lado la longitud de su recorrido, teniendo solo que circular a una velocidad de 16 kms/h mientras tiene la posibilidad de ingresar a la corriente principal de la Av. Suba, la cual operaria hasta a casi 40 kms/h. Las demás corrientes vehiculares no tendrían restricciones considerables en sus flujos, en especial las vías principales, las cuales podrían circular sin problema por sus carriles rápidos a flujo libre. A 20 años, esta geometría sería igualmente eficiente, generando solo colas sobre el enlace izquierdo que llega a la Av. Suba por el norte, teniendo en cuenta que ya se tendría un volumen muy alto para una vía que recibe tres corrientes vehiculares y solo cuenta con dos carriles para almacenarlas, generando una cola que alcanza los 400 metros. En las vías más congestionadas de la red, se tendría una velocidad promedio de circulación, exceptuando los enlaces anteriormente mencionados, los cuales en algunos periodos estarían totalmente congestionados y con velocidades que no superan los 10 kms/h.

Por otra parte, es posible asegurar que, desde el punto de vista de la velocidad, las corrientes vehiculares continuas y las posibilidades de giros, esta solución si sería de gran ayuda a la movilidad del sector, como lo muestra la comparación mostrada en la tabla 18.

Tabla 18: Comparativo de condiciones.

Parámetro / Condición	Velocidad	Demoras	Colas	Opciones de giro	Circulación a flujo libre
Geometría Actual vs Volúmenes Actuales.	≤ 15 km/h	Acceso Oeste y Sur	0 - 250 mts	Sólo giros a la derecha y 1 giro Izquierdo	Aceptable
Geometría Actual vs Volúmenes Proyectados.	≤ 8 km/h	Acceso Este, Oeste, Sur y Norte	0 - 500 mts		Reducida
Geometría Propuesta vs Volúmenes Actuales	≤ 38 km/h	En 1 enlace al sur	0 - 170 mts	Todos	Toda la red.
Geometría Propuesta vs Volúmenes Futuros	≤ 29 km/h	En un enlace al sur y 1 al oeste	0 - 400 mts		Toda la red, Excepto en algunos enlaces izquierdos

Ecuación 2: Fuente: Elaboración propia

Son notables las ventajas y los beneficios que se tienen a corto y largo plazo con la alternativa de solución que se propone a la problemática objeto del presente proyecto.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Fue posible desarrollar el estudio de tránsito de la zona, partiendo de la información tomada en campo referente a los volúmenes vehiculares, la toma de velocidades y los aforos peatonales, proyectando las condiciones a 20 años y mediante las cuales fue posible obtener los insumos necesarios para la realización de la modelación en el software Synchro 8, basado en las condiciones actuales de la zona apreciadas con las visitas de reconocimiento.
- Los volúmenes fueron procesados en hora pico de 17:30 a 18:30 por lo que, al realizar el ajuste correspondiente con la estación maestra, se observa que no cambian.
- Con el reconocimiento de campo fue posible además identificar las maniobras que actualmente los usuarios deben realizar para poder completar los recorridos que incluyen realizar giros a la izquierda, en base a los cuales fueron asignados los volúmenes con los que se modelaron los respectivos enlaces para dar solución a la intersección.
- Al realizar la modelación de las condiciones actuales, el software nos permite identificar que se encuentra operando bajo condiciones restringidas y a futuro tendrá un funcionamiento más crítico, por lo cual se soporta la necesidad de implementar una solución que pueda reducir el impacto del tránsito a lo largo del tiempo.
- Las intersecciones de la calle 100 con carrera 64 y carrera 53 se conservan, con la diferencia que se suprime el acceso a la Av. Suba que actualmente puede realizarse por la carrera 64.
- Se ha obtenido que el diseño propuesto aliviaría la congestión que actualmente se presenta en las dos vías principales que componen la intersección, y en la mayoría de los enlaces aledaños, sin afectar la operación de la troncal Transmilenio, la cual tendrá un corredor que funciona deprimido cómo única diferencia.

- Se debe realizar una reprogramación a las fases semafóricas en las intersecciones que se conservan, intentando dar prioridad a los movimientos directos y al cruce de la carrera 64, el cual es el que sufre una mayor afectación con la solución planteada.
- Desde el punto de vista del usuario, se tendrá la facilidad de cambiar el rumbo hacia cualquier destino desde cualquier origen en la intersección, con la precaución que al ingresar al flujo vehicular de la vías principales el cual estará regulado mediante una señal de ceda el paso y el respectivo carril de desaceleración, se deberá dar lugar al respectivo tiempo de espera para hacerlo de forma segura, que comparado con las antiguas demoras generadas por las fases semafóricas o el largo recorrido genera un tiempo de viaje mucho menor.
- Finalmente se puedes establecer que, por lo anterior expuesto, la implementación de una solución de este tipo si traería muchos beneficios en el ámbito de movilidad al sector de influencia, pues se tendrían dos vías importantes para Bogotá, clasificadas como arterias intermedias con menores congestiones y enlazadas en condiciones de seguridad y continuidad de recorrido.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda efectuar la evaluación del diseño propuesto desde el punto vista urbanístico y paisajístico, dado el impacto visual que puede generar tener una intersección de cuatro alturas en una zona residencial – comercial, así como la viabilidad económica del mismo teniendo en cuenta que algunas zonas de circulación pertenecientes a los predios aledaños deben ser intervenidas.

- Se recomienda el análisis y la validación del diseño realizado por parte de un especialista hidráulico, teniendo en cuenta que en algunos tramos fue necesario emplear pendientes longitudinales muy bajas a fin de ajustar las rasantes a las vías existentes, de tal manera que se garantice el drenaje por efectos de la gravedad.
- Realizar un estudio de viabilidad económica del proyecto, dada su influencia en zonas pertenecientes a los predios aledaños.
- Evaluar la posibilidad de ampliar la avenida suba hacia el sur de la calle 100, de tal manera que se tenga una sección transversal con la capacidad de albergar el volumen de los enlaces que convergen a ella.
- Reubicar los pasos permitidos de peatones, los cuales deben realizarse a desnivel por medio de puentes peatonales en cada uno de los accesos de la intersección.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORT OFFICIALS. (2011) A policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington.D.C., 2011

CAL, R. & REYES, M. (2007) Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Ed. Alfaomega. 8ª Edición.

CALDERÓN, J – MORALES, C (2015). Propuesta de diseño geométrico de un anillo vial para Bogotá. Tramo 1. – Tesis de pregrado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Colombia.

CÁRDENAS GRISALES, J. (2002). Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones.

CRUZ S, VÁSQUEZ, L (2015). Propuesta del diseño geométrico de un anillo vial en Bogotá - Sector III - (desde autopista al llano hasta autopista sur). - Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Colombia.

GONZÁLEZ, RINCÓN, VARGAS. (2012). *Diseño geométrico de vías.* Bogotá: Editorial UD.

GONZÁLEZ VERGARA, C. (2013). Notas de Clase de Diseño Vial Urbano II. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Colombia.

GUÍA PARA EL DISEÑO DE VÍAS URBANAS BOGOTA (2016). Disponible en https://www.idu.gov.co/documents/20181/362981/guia_diseno_vias_urbanas_bogota.pdf. Consultado: junio de 2016

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. (2008) Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008.

INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES PARA EL DISTRITO CAPITAL. (IDECA). Base de datos geográfica de Bogotá (2004).

TRAFFIC SIGNAL SOFTWARE-USER GUIDE SYNCHRO STUDIO 8. (2011) Trafficware, Ltd.

MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL. Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras, y ciclorutas de Colombia. (2015). Ministerio de Transporte.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. (2012). Ingeniería de Tránsito: Conceptos básicos. Bogotá D.C.: Wilson Ernesto Vargas, Mario Arturo Rincón Villalba, Carlos Javier González Vergara. Facultad Tecnológica.

12. ANEXOS

1. INFORMACIÓN RECOLECTADA EN LAS ENTIDADES PÚBLICAS

1.1. INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU)

1.2. SECRETARIA DE MOVILIDAD (SDM)

1.3. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA IDECA

2. ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1. ESTUDIO DE VOLÚMENES

2.1.1. Aforos y procesamiento Volúmenes vehiculares Av. Suba con Calle 100

2.1.2. Aforos y procesamiento Volúmenes vehiculares Calle 100 carrera 64

2.1.3. Aforos y procesamiento Volúmenes vehiculares Calle 100 carrera 53

2.2. ESTUDIO DE PEATONES

2.2.1. Aforos y procesamiento peatonal

2.3. ESTUDIO DE VELOCIDAD

2.3.1. Aforos de velocidad puntual

3. MODELACIÓN INTERSECCIÓN SYNCHRO

3.1. ARCHIVO SYCHRO

3.2. REPORTES

4. DISEÑO GEOMÉTRICO CIVIL 3D

4.1. DISEÑO ARCHIVO DWG

4.2. CARTERAS

4.3. PLANOS

4.4. SEÑALIZACIÓN