

**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA UNA CICLORUTA EN LA
AVENIDA LAS AMÉRICAS ENTRE CARRERA 30 Y CARRERA 50**

**CUESTA PALACIOS GILMAR ANDRÉS
OCHOA VELÁSQUEZ ANDRÉS FELIPE**



**UNIVERSIDAD
La Gran Colombia**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA
2019**

**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA UNA CICLORUTA EN LA
AVENIDA LAS AMÉRICAS ENTRE CARRERA 30 Y CARRERA 50**

**CUESTA PALACIOS GILMAR ANDRÉS
OCHOA VELÁSQUEZ ANDRÉS FELIPE**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil**

**Director de Trabajo de Grado
Ing. civil, Esp., Mg Ed. Willan Germán Mellado Aranzales**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA
2019**

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. MARCO REFERENCIAL	15
4.1 MARCO GEOGRAFICO	15
4.1.1 Ubicación y límites.....	15
4.1.1.1 Puente Aranda.....	16
4.1.1.2 Teusaquillo.....	17
4.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	19
4.3 MARCO CONCEPTUAL	21
4.3.1 Ciudad ciclo-inclusiva.....	21
4.3.2 Ciclorruta.....	22
4.3.3 Capacidad.....	24
4.3.4 Nivel de servicio	25
4.3.5 Diseño geométrico	25
4.3.6 Velocidad de referencia	26
4.3.7 Pendientes máximas y sobreechanos	27
4.3.8 Peralte	27
4.3.9 Distancia de visibilidad y de frenado.....	28
4.3.10 Trazado en planta.....	28
4.3.11 Trazado en alzado	29
4.4 MARCO LEGAL	31
5. METODOLOGÍA.....	34
5.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
5.3 VARIABLES.....	34
5.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	35

5.5	FASES DE INVESTIGACIÓN	35
6.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	37
6.1	ANÁLISIS DE ACCIDENTALIDAD	37
6.1.1	Clase de accidente	37
6.1.2	Género	40
6.1.3	Tipo de usuario	40
6.2	Análisis las condiciones operacionales del tránsito de bici-usuarios por la zona del proyecto.	42
6.2.1	Volumen Bicicletas	42
6.2.2	Modelación del Estado Actual de la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50	45
6.3	DISEÑO	51
6.3.1	Dimensionamiento transversal	51
6.3.2	Diseño de alternativas de conexión	52
6.3.2.1	Ciclorruta sobre separador central desde la Carrera 43	53
6.3.2.2	Ciclo – Túnel, paso a desnivel inferior	55
6.3.2.3	Ciclorruta Compartida sobre andén	57
6.3.3	Propuesta ciclorruta sobre separador central Avenida de las Américas entre Carrera 43 y Carrera 30.	59
6.3.4.	Señalización	61
6.3.2.3.1	Señalización Vertical	61
6.3.2.3.2	Señales Horizontales	63
6.4	ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS	68
6.5	Análisis de Tránsito de la Propuesta Planteada	69
6.5.1	Intersección Calle 13 con Carrera 43	70
6.5.2	Intersección Avenida de las Américas con Carrea 43	72
6.5.3	Intersección Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A	74
6.5.4	Intersección Av. Américas con Carrera 36 y Desvío Ciclorruta a bici-carril	76
7.	CONCLUSIONES	81
8.	RECOMENDACIONES	83
9.	BIBLIOGRAFÍA	85
10.	Anexos	87

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Punto límite entre la localidad de Puente Aranda y Teusaquillo	15
Figura 2. Tramo Av. Américas con Carrera 50 hasta Carrera 30	15
Figura 3. Ubicación en el plano de Bogotá la localidad de Puente Aranda	16
Figura 4. Ubicación en el plano de Bogotá la localidad de Teusaquillo.....	17
Figura 5. Niveles de Servicio y Densidad.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. Modelación Av. Américas.....	46
Figura 7. Carrera 43 con Av. Américas	46
Figura 8. Av. Américas con Carrera 40 (izquierda) y Transversal 39 Bis A (derecha).....	48
Figura 9. Av. Américas con Carrera 36	49
Figura 10. Ensamblaje Propuesta Ciclorruta	52
Figura 11. Calle 23 con Transversal 32c.....	53
Figura 12. Conexión Ciclorruta desde Av. Calle 9 a Calle 13.....	53
Figura 13 Ciclorruta Sobre Separador Central en la Carrera 43	54
Figura 14. Conexión de Ciclorruta, Alternativa Ciclo-Túnel.....	55
Figura 15. Ensamblaje planteado Ciclo-Túnel.....	56
Figura 16. Vista Carrera 50 hacia Av. de las Américas	57
Figura 17 Ciclorruta compartida sobre Andén en la Carrera 50	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18. Conexión Carrera 50 a Alternativa 3	58
Figura 19. Curvas Av. Américas con Carrera 43.....	58
Figura 20. Ciclorruta sobre Separador Central en la Av. Américas	59
Figura 21. Modelación bici-carril en la calle 23.....	60
Figura 22. Radio de Curvatura de 10 metros	60
Figura 23. Señales preventivas	63
Figura 24. Líneas de Eje Central.....	64
Figura 25. Señal Horizontal de Intersección.....	64
Figura 26. Señal Horizontal, Pictograma de Bicicleta.....	65
Figura 27. Señales Horizontales Flechas.....	65
Figura 28. Señal Horizontal Ceda el Paso	66
Figura 29. Señal Horizontal Pare	66
Figura 30. Señal Horizontal Cruce Férreo.....	67
Figura 31. Intersección Calle 13 con Carrera 43.....	71
Figura 32. Intersección Av. Américas con Carrera 43.....	73
Figura 33. Intersección Av. Américas con Transversal 39 Bis A	74
Figura 34. Intersección Av. Américas con Carrera 36.....	76
Figura 35. Cruce de Ciclorruta a bici-carril en la Transversal 32c.....	78
Figura 36. Ciclorruta sobre Ferrocarril en la Calle 26.....	83

Lista Tablas

	Pág.
Tabla 1. Área por UPZ de la localidad de Puente Aranda.....	17
Tabla 2. Área por UPZ de la localidad de Teusaquillo	18
Tabla 3. Condicionantes de la movilidad ciclista y papel de la ciclo-infraestructura ante ellos.....	22
Tabla 4. Infraestructura de Ruta recomendada según TPD	24
Tabla 5. Longitud de Tramo Según la pendiente.....	26
Tabla 6. Sobreancho de vía en pendientes	27
Tabla 7. Sobreancho en función del radio de curvatura.	27
Tabla 8. Velocidad de Diseño-Visibilidad y Frenada	28
Tabla 9. Radio Mínimo de Curvas (m).....	29
Tabla 10. Velocidad-Radio	29
Tabla 11. Longitud Máxima según la Pendiente.....	30
Tabla 12. Cantidad de ciclistas lesionados según el tipo de accidentes.	41
Tabla 13. Cantidad de ciclistas lesionados según la localidad	42
Tabla 14. Análisis de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 43.....	46
Tabla 15. Análisis tiempos de viaje en la Av. Américas con Carrera 43.....	47
Tabla 16. Análisis del tránsito en la Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A.....	48
Tabla 17. Análisis Tiempo de Viaje en la Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A	48
Tabla 18. Análisis de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 36.....	50
Tabla 19. Análisis Tiempo de Viaje en la Av. América con Carrera 36	50
Tabla 20. Análisis de Alternativas de Conexión	68
Tabla 21. Análisis de Tránsito en la Intersección Calle 13 con Carrera 43	70
Tabla 22. Tiempo de Viaje en la Ciclorruta diseñada	71
Tabla 23. Análisis de Tránsito intersección Av. Américas con Carrera 43	72
Tabla 24. Tiempo de Viaje Ciclorruta en Av. Américas con Carrera 43	73
Tabla 25. Tiempo de viaje Ciclorruta desde la Carrera 40 hasta la Transversal 39 Bis A.....	75
Tabla 26. Análisis de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 27. Análisis de tránsito de Av. Américas con Carrera 36 y bicicarril.....	77
Tabla 28. Tiempo de Viaje en la ciclorruta desde la Carrera 36 hasta la Carrera 30	78
Tabla 29. Comparación de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 43.....	79
Tabla 30. Comparación Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A.....	80
Tabla 31. Comparación del Tránsito en la Av. Américas con Carrera 36	81

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Cantidad de Usuarios Muertos	11
Gráfica 2. Cantidad de usuarios lesionados.....	11
Gráfica 3. Porcentaje de personas lesionadas y muertas según el tipo de accidentes.	38
Gráfica 4. Porcentaje de personas lesionadas y muertas según el tipo de accidentes.	39
Gráfica 5. Porcentaje de personas lesionada y muestras según el género (2015 – 2018).	40
Gráfica 6. Porcentaje de personas lesionadas y muertas según su condición (2015 - 2018).	40
Gráfica 7. Resultado aforo dirección Occidente (W) – Oriente (E).	44
Gráfica 8. Resultado aforo dirección Oriente (E) - Occidente (W).	44
Gráfica 9. Resultado aforo Domingo.	45

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el uso de la bicicleta como medio de transporte ha tomado importancia en diferentes ciudades del país, siendo este uno de los medios de transporte predilecto por algunos ciudadanos. Tanto así que para el 2016 el Congreso de la República de Colombia, en la ley 1811 del 2016, realiza modificaciones al código nacional de tránsito y otorga incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional, buscando mitigar el impacto ambiental que producen el tránsito de vehículos motorizados y mejorar la movilidad urbana.

Actualmente la ciudad de Bogotá ha implementado un ambicioso programa para convertirse en la capital mundial de la bicicleta, mediante el proyecto denominado “Plan Bici”, que incluye varios programas de menor envergadura que buscan fomentar el uso de la bicicleta, entre estos resaltan “Al Colegio en Bici” y el “Plan Maestro de CicloRutas”. Por consiguiente, la construcción y adecuación de espacios para ciclorrutas en la ciudad es un tema de primer orden, en cuanto a sistemas de movilidad alternativos, proyectos como los que se vienen implementando en la Carrera 7 y Calle 34, dan paso a la construcción y diseño de nuevos espacios dispuestos para bici-usuarios. A pesar de las iniciativas planteadas y proyectos que se adelantan por parte de la Alcaldía Mayor de Bogotá, carece de continuidad varios tramos viales de la ciudad, obligando a que los bici-usuarios hagan uso de la calzada para circulación de vehículos motorizados.

A partir de lo anterior, este trabajo se dispone a presentar una propuesta de diseño geométrico para una ciclorruta en la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50, la cual busca garantizar conectividad y seguridad para los bici-usuarios; incentivado el uso de la bicicleta como medio de transporte para los ciudadanos de la ciudad de Bogotá D.C., en especial para los habitantes de las localidades de Kennedy, Teusaquillo y Puente Aranda, los cuales son beneficiarios directos de la conexión que tiene la Avenida de las Américas hacia el oriente de la ciudad.

La propuesta del diseño geométrico desarrollada para este tramo vial, se planteó de acuerdo a los lineamientos establecidos en la normatividad existente, partiendo de la necesidad de generar una conexión entre las ciclorrutas existentes en la Avenida de las Américas, dicho diseño es enfocado al tránsito de bici-usuarios; al generar la conexión se espera que los índices de accidentalidad vial en el tramo en estudio se reduzcan, dado que, dentro de los actores implicados, los bici-usuarios son afectados en gran medida por el uso del carril exclusivo para vehículos motorizados.

Dentro de la propuesta se realizó una comparación de tres alternativas de conexión desde la Calle 9 con Carrera 50 hasta la Calle 20 con Carrera 43, con el objetivo de dar paso a todo el diseño de la ciclorruta, haciendo uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) por medio del software Infracore 360 y el uso del software PTV Vissim los cuales jugaron un papel importante en el análisis de las

propuestas planteadas; permitiendo realizar un acercamiento al posible comportamiento del tránsito de bicicletas esperados por medio de las modelaciones.

A través del trazado planteado se disminuirá el tiempo de viaje que gastan tanto los vehículos motorizados como los ciclistas, puesto que los biciusuarios no van a tener que invadir el carril de los carros, disminuyendo los accidentes y mejorando la conectividad del corredor vial en estudio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bogotá es una de las ciudades más adelantadas de Latinoamérica en el tema de ciclo inclusión, según informes del Banco Interamericano de Desarrollo¹, igualmente es la ciudad con mayor cantidad de tramos para ciclorruta, actualmente cuenta con 467 Km. Esto demuestra que la ciudad ha trabajado continuamente para dar prioridad al transporte de vehículos no motorizados. Actualmente el distrito concentra los proyectos de ciclo inclusión en la Carrera 7, ratificando que Bogotá es una ciudad que sigue creciendo en este aspecto, sin embargo, hay tramos viales que carecen de condiciones adecuadas para los bici-usuarios, que cumplan los estándares de calidad, seguridad y diseño, planteados por el Banco Interamericano de Desarrollo.

En Colombia los accidentes de tránsito son la segunda causa de muerte violenta, según informes del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses² revelan que, del 2016 al 2018, la mayor tasa de accidentalidad de ciclistas se presenta en las localidades de Suba, Kennedy y Puente Aranda.

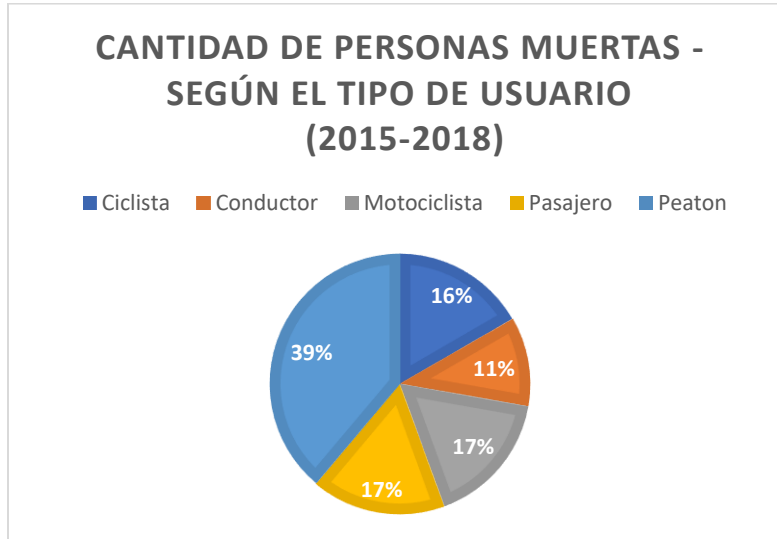
Según informes de la Secretaría de Movilidad³, en horas pico la Avenida de las Américas, en el corredor vial de Puente Aranda y Kennedy hacia el oriente de la ciudad, puede albergar más de 9000 vehículos entre 6:00pm y 7:00pm generando un gran riesgo para los bici-usuarios que transitan por esta avenida, dado que entre la Carrera 30 con Américas y la carrera 50 con Américas no hay un tramo exclusivo para el flujo de bicicletas adicional a esto, la deficiencia en la iluminación en ambos sentidos, tanto para peatones como bici-usuarios, haciendo obligatorio el uso del carril para vehículos motorizados, en consecuencia, se eleva la probabilidad de sufrir accidentes.

¹ BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Ciclo Inclusión en América Latina y el Caribe. México. Banco Interamericano de Desarrollo. 2015

² INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES. Cifras preliminares de lesiones en Colombia. Bogotá D.C. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. 2017

³ SECRETARIA DISTRITAL DE MOVILIDAD. Secretaría de Movilidad dispuso medidas para reducir congestión en horas pico en tramo de Avenida de Las Américas. [Citado el 01 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://movilidadbogota.gov.co/web/node/2077>

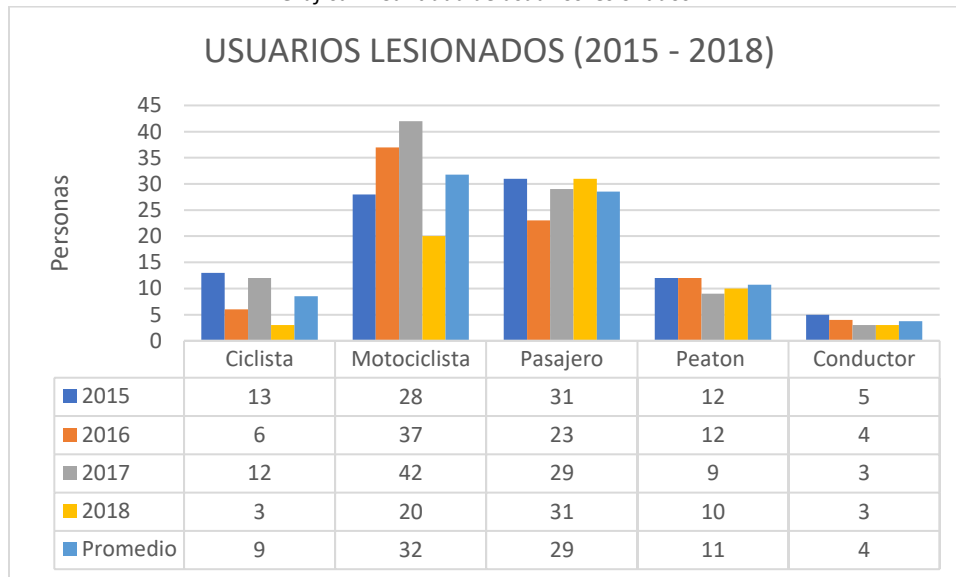
Gráfica 1. Cantidad de Usuarios Muertos



Fuente: Propia, según datos de la Secretaria Distrital de Movilidad

Dentro de los siniestros viales registrados por la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, los ciclistas aportan el 16% (3 personas) de muertes registradas en el tramo mencionado con anterioridad, en el periodo comprendido del 2015 al 2018 (Gráfica 1) los ciclistas son los segundos usuarios más afectados dentro de los accidentes.

Gráfica 2. Cantidad de usuarios lesionados.



Fuente: Propia, según datos de la Secretaria Distrital de Movilidad

La Avenida de las Américas cuenta únicamente con un tramo de ciclorruta desde la Avenida Ciudad de Cali hasta la Carrera 50, provocando la invasión del carril vehicular por los bici-usuarios que continúan por la Avenida de las Américas o en su defecto un desvío considerable por la calle 13. Por consiguiente, se genera una

problemática entre bici-usuarios y vehículos motorizados, debido a la invasión del carril y la alta afluencia de buses, incrementando la accidentalidad que hay en este tramo vial. Causando que el Instituto de Desarrollo Urbano⁴ establezca el proyecto de ampliación para la Avenida de las Américas, el cual quedó en fase de diseño, por la inversión en otros proyectos por parte de la Alcaldía de Bogotá.

Por tal motivo, este trabajo se propone resolver el siguiente cuestionamiento:
¿Cómo mejorar la conectividad de bici-usuarios en la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50?

⁴ INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Visor de Proyectos. [citado el 01 de mayo del 2018]. Disponible en: http://opendata.idu.gov.co/visor_proyectos/

2. JUSTIFICACIÓN

Tener una ciudad ciclo-inclusiva se basa en el diseño y posterior implementación de espacios de circulación para estos usuarios, no solo con el fin de disminuir las cifras de accidentalidad, sino que también, poder aportar a la mejora de las condiciones medio ambientales mediante el uso de medios de transporte no contaminantes.

Debido al aumento en la cantidad de bici-usuarios que ha experimentado la ciudad de Bogotá en los últimos años, la Alcaldía Mayor⁵ de la ciudad, por medio de planes de manejo como el llamado “Plan Bici”, busca convertir a la ciudad en la capital mundial de la bicicleta, promoviendo el uso de este medio de transporte; es por ello por lo que contar con la infraestructura necesaria para dicha circulación es una de las necesidades para que dicho objetivo se cumpla.

Particularmente, en la Avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50 existe un alto flujo de bici-usuarios, y esta no cuenta con trazado de ciclorruta a lo largo de toda su extensión. Esta situación demuestra la necesidad de intervenir este sector, con el fin de mejorar las condiciones de movilidad para los bici-usuarios, ampliar la oferta de infraestructura vial, incentivar el uso de la bicicleta y optimizar el tránsito en general.

Esta iniciativa busca generar una propuesta de diseño geométrico de una ciclorruta para la Avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50, utilizando el estado actual de la misma para mejorar la conectividad de la ciudad con lugares de alta afluencia de personas y aumentar la seguridad de los bici-usuarios, teniendo como precedente que el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses⁶ señala que en el año 2017, las localidades de Puente Aranda y Kennedy presentaron 42 y 127 lesionados respectivamente.

⁵ ALCALDÍA DE BOGOTÁ D.C. Plan Bici. Secretaria Distrital de Movilidad. [En línea]. [12 de octubre del 2018]. Disponible en: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/plan_bici

⁶INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES Opcit. 2017

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer el diseño geométrico de una ciclorruta para la Avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50, que permita generar una conexión con la red de ciclorruta existente en la avenida en mención.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las variables presentes en la avenida de las Américas que intervienen para el diseño de una ciclorruta en la misma.
- Analizar las condiciones operacionales del tránsito de bici-usuarios por la zona del proyecto.
- Plantear un diseño geométrico para la ciclorruta en la zona del proyecto.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO GEOGRAFICO

4.1.1 Ubicación y límites

El tramo de estudio se encuentra ubicado entre la localidad de Puente Aranda (en su mayor parte) y la localidad de Teusaquillo, por ello se precisa realizar la descripción de las localidades pertenecientes.

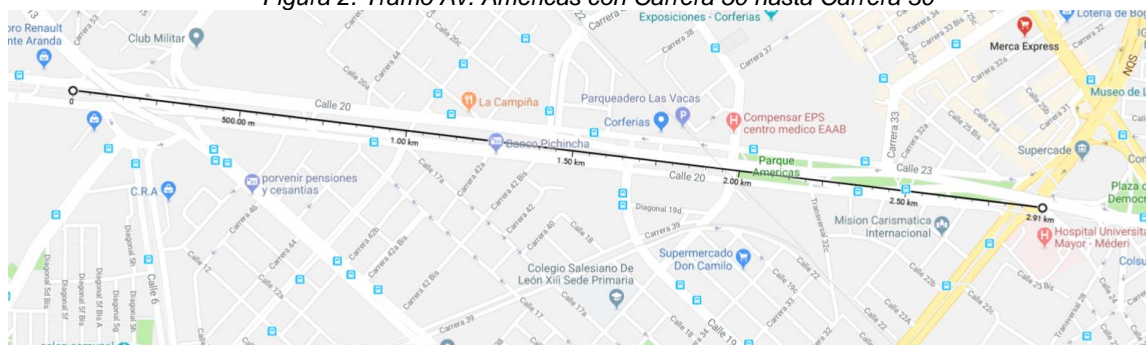
Figura 1. Punto límite entre la localidad de Puente Aranda y Teusaquillo



Fuente: Google Maps.

Este proyecto se desarrolla en la Avenida de las Américas, en un tramo vial que se compone aproximadamente de 3.0 Kilómetros desde la Carrera 30 y Carrera 50.

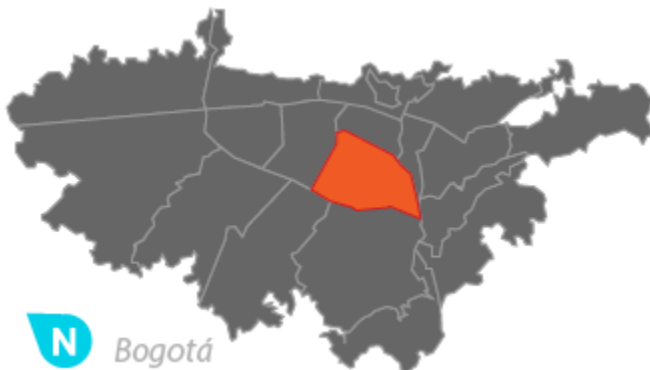
Figura 2. Tramo Av. Américas con Carrera 50 hasta Carrera 30



Fuente: Google Maps.

4.1.1.1 Puente Aranda

Figura 3. Ubicación en el plano de Bogotá la localidad de Puente Aranda



Fuente: Comisión Fílmica de Bogotá.

La localidad de Puente Aranda se encuentra situada en el sector central occidente de Bogotá, limita al norte con la localidad de Teusaquillo, con la avenida de las Américas y la avenida Ferrocarril de Occidente; al oriente con la localidad Los Mártires, con la avenida Ciudad de Quito (Avenida carrera 30); al sur con las localidades Tunjuelito y Antonio Nariño, con la avenida del Sur (transversal 35); y al occidente con la localidad de Kennedy, con la Avenida Carrera 68 (Avenida del Congreso Eucarístico)⁷.

Esta localidad tiene una extensión en suelo urbano de 1731,1 ha, se encuentra subdividida en cinco UPZ; siendo la UPZ 40 – Ciudad Montes con 445,6 ha, con mayor participación en suelo en la localidad, 26% y con una clasificación residencial consolidada, seguida en orden por la UPZ 111 – Puente Aranda con 356,4 ha., con el 21% de participación, con una clasificación predominante industrial, UPZ 108 – Zona industrial con 347 ha., y 20% de participación del suelo con clasificación predominante industrial, UPZ 43 – San Rafael con 329,3 ha., y 19% de participación del suelo con clasificación residencial consolidada, y la UPZ 41 – Muzu con 252,8 ha., y 15% de participación del suelo, con clasificación residencial consolidada⁸.

Puente Aranda se caracteriza por ser el centro de la actividad industrial de Bogotá. La localidad de Puente Aranda ocupa un terreno plano con ligero desnivel de oriente a occidente. Se encuentra ubicada en su totalidad sobre áreas que constituyen humedales. Sus terrenos se encuentran ubicados a una altitud aproximada de 2600 metros sobre el nivel del mar⁹.

⁷ CASTILLO MEJIA, Álvaro Mauricio. Dinámica de la construcción por usos. Localidad Puente Aranda (2002/2012). Bogotá D.C., 2012, {En Línea} {febrero 2019} p. 2.

⁸ Ibid., p.2.

⁹ INSTITUTO DISTRITAL DE GESTION DEL RIESGO. Caracterización de Escenarios de Riesgo, Localidad de Puente Aranda. Bogotá D.C., marzo 2018, {En Línea} {febrero 2019} p. 3.

El suelo urbano de Puente Aranda comprende un total de 1.731 hectáreas, de las cuales 48 corresponden a áreas protegidas; en este suelo urbano se localizan 1.869 manzanas que ocupan un total de 1.160 hectáreas¹⁰.

Tabla 1. Área por UPZ de la localidad de Puente Aranda

UPZ	Superficie (ha)	Superficie (%)
40 – Ciudad Montes	445,60	26%
41 – Muzu	252,80	15%
43 – San Rafael	329,30	19%
108 – Zona Industrial	347,00	20%
111 – Puente Aranda	356,40	21%
Total	1.731,10	

Fuente: Dinámica de la Construcción por uso localidad Puente Aranda, 2013.

4.1.1.2 Teusaquillo

La localidad de Teusaquillo limita al norte con la localidad de Barrios Unidos, al oriente con las localidades de Teusaquillo y Santafé, al sur con las localidades de Los Mártires y Puente Aranda y al occidente con la localidad de Engativá. Tiene una extensión total de 1.419 ha, de las cuales el 89% son suelo urbano y el 11% restante es área protegida; su topografía es plana, con pendientes menores al 12% gracias a su ubicación sobre la unidad geológica llanura lacustre del río Salitre y del río Fucha. Estas unidades son de suelos arcillosos implicando un bajo riesgo de deslizamiento para la localidad¹¹.

Figura 4. Ubicación en el plano de Bogotá la localidad de Teusaquillo.



Fuente: Wikipedia.

Esta localidad tiene una extensión en suelo urbano de 1.419,40 hectáreas, se encuentra subdividida en 6 UPZ y 33 barrios; siendo la UPZ 104 – Parque Simón Bolívar con una extensión de 398,7 ha la que contiene la mayor participación en suelo con el 28,09, seguida de la UPZ 100 – Galerías con 237,6 ha con el 16,74%, UPZ 101 – Teusaquillo con 235,7 ha con el 16,61%, UPZ - La Esmeralda con

¹⁰ Ibid., p.4.

¹¹ INSTITUTO DISTRITAL DE GESTION DEL RIESGO. Caracterización de Escenarios de Riesgo, Localidad de Teusaquillo. Bogotá D.C., marzo 2018, {En Línea} {febrero 2019} p. 4

192,9 ha con 13,59%, la UPZ 109 – Ciudad Salitre Oriental con 180,5 con el 12,72 y por último UPZ 107 – Quinta Paredes 174 ha con el 12,56%¹².

Tabla 2. Área por UPZ de la localidad de Teusaquillo

UPZ	Superficie (Ha)	Superficie (%)
100 – Galerías	237,60	16,74
101 – Teusaquillo	235,70	16,61
104 – Parque Simón Bolívar – CAN	398,70	28,09
106 – Esmeralda	192,90	13,59
107 – Quinta Paredes	174,00	12,56
109 – Ciudad Salitre	180,50	12,72
Total	1.419,40	

Fuente: Dinámica de la Construcción por uso localidad Teusaquillo, 2013.

¹² CASTILLO MEJIA, Álvaro Mauricio. Dinámica de la construcción por usos. Localidad Teusaquillo (2002/2012). Bogotá D.C., 2013, {En Línea} {febrero 2019} p. 2.

4.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

En la Universidad Federal de San Carlos en Brasil, se realizó un proyecto de posgrado por parte de Janice Kirner¹³, que consiste en la propuesta de un método para la definición de ciclorrutas en áreas urbanas, incluyendo el análisis de distintos datos como la facilidad para el uso de bicicleta en la ciudad, rutas de acceso de la ciudad que están al servicio del usuario, reconocimiento de los segmentos viales con mayor flujo de bicicletas, evaluación del servicio por las rutas segmentadas y la definición de las vías para el trazado de una ciclorruta sin repercusiones en otras vías o en el tránsito. Los autores concluyen que se debe fomentar el uso de ciclorrutas para generar una conexión adecuada, evitando la construcción de tramos viales sin estudios previos, afectando actores viales como los vehículos motorizados y los bici-usuarios. Este proyecto aporta las directrices necesarias para la recolección de información referente a características que se deben tener en cuenta para el flujo vial y accesibilidad para la Avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50.

Luis Casabianca¹⁴ graduado de la Pontificia Universidad Javeriana realizó un trabajo de grado en el año 2012 sobre Movilidad Urbana: Estado y caracterización de la movilidad en bicicleta para las principales ciclorrutas de las localidades de Usaquén y Chapinero en el cual, presenta factores físicos y poblacionales que afectan el uso de las ciclorrutas, debido a que las mismas están mal ubicadas en la vía pública, como sucede en la Carrera 13 y Carrera 11, donde se presentan obstáculos que afectan la movilidad, que combinados con el mal estado de las ciclorrutas, disminuyen su uso por parte de los bici usuarios.

En la Universidad La Gran Colombia en el año 2015 los estudiantes Anyela Acero y Juan Robayo¹⁵ desarrollaron un análisis de los parámetros para la implementación de ciclorruta a nivel de calzada en la red vial urbana de Bogotá D.C, en el que evaluaron los parámetros de volumen, velocidades y flujos vehiculares que influyen sobre la viabilidad para la implementación de ciclorruta a nivel de calzada en los tramos de la red vial urbana de Bogotá D.C; teniendo en cuenta los aspectos como la caracterización de tramos viales con y sin implementación de ciclorrutas, diferentes tipologías de la malla vial, generando recomendaciones para vías de poco y alto flujo vehicular. Aportando para este trabajo, la recomendación de realizar el diseño de una ciclorruta y no de bici carril para una vía intermedia como lo es la Avenida de las Américas por su capacidad de vehículos, velocidad de tránsito y espacio de circulación.

¹³ Kirner Janice. Proposta de um Método para a Definição de Rotas Cicláveis em Áreas Urbanas. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pos-Graduação Em Engenharia Urbana. 2006, p110.

¹⁴ CASABIANCA, Luis Miguel. Movilidad urbana: estado y caracterización de la movilidad en bicicleta para las principales ciclorrutas de las localidades de Usaquén y chapinero. Trabajo de grado Ecólogo Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2012. 150 p.

¹⁵ ACERO, Anyela Yised Y ROBAYO, Juan Sebastián. Análisis de los parámetros para la implementación de ciclorutas a nivel de calzada en la red vial urbana de Bogotá D.C. Trabajo de grado Ingeniería civil. Bogotá D.C.: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería civil,2015.71 p

La tesis de Freddy Calderón¹⁶ de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas sobre diseño geométrico de una red vial de ciclorruta en la localidad de Suba-Bogotá D.C para establecer una interconectividad vial desde la Av. calle 145 # 118 hasta la calle 130-a # 154, propone que los diseños realizados para las ciclorrutas presenten sistemas de protección para los ciclistas y correcta señalización, también propone que las ciclorrutas tengan una buena iluminación. Siendo estos parámetros necesarios para el diseño de la ciclorruta para la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50.

Un estudio encabezado por el Ministerio de Infraestructura y Medio Ambiente de Holanda¹⁷, llamado “The Dutch Road to a High Level of Cycling Safety”, en el que se estudian distintos casos de accidentes de ciclistas en las vías de Holanda, demostrando que la tasa más alta de siniestros es donde no hay vías habilitadas exclusivamente para los bici-usuarios. Esta investigación recomienda la implementación de ciclorrutas, para respetar cada actor vial, incrementando la seguridad y movilidad en las vías, creando un respaldo para el diseño que se quiere emplear en este trabajo, ya que las ciclorrutas son la opción más favorable para una ciudad que quiere disminuir sus emisiones de gases, accidentalidad de bici-usuarios y promover la movilidad en la misma.

En la Universidad La Gran Colombia en el año 2017, los estudiantes Díaz Andrés y Velandia Laura¹⁸, realizaron una propuesta de Ciclorred Vial para el Municipio de Ubaté-Cundinamarca, en la que se recomienda fomentar el uso de la bicicleta en el municipio, por medio de vías que tengan en cuenta la comodidad, eficiencia y seguridad para bici-usuarios, implementando la conexión entre lugares importantes del mismo municipio. Esta propuesta aporta información necesaria para este trabajo, por la conexión que tiene la Avenida de las Américas con distintos lugares importantes de la ciudad, permitiendo así aprovechar el espacio y la ubicación que tiene la avenida para los bici-usuarios.

En esta investigación se pretende desarrollar el diseño geométrico de una ciclorruta, la cual busca generar conectividad con las ciclorrutas existentes, comodidad y seguridad a los bici-usuarios que transitan por la zona de estudio; y como efecto secundario la disminución de accidentes por la zona. Utilizando herramientas como el software Infracore 360 de metodología BIM (Building Modeling Information) y el software PTV Vissim para crear un análisis vehicular en esta zona, teniendo en cuenta las condiciones reales de la zona y las recomendaciones técnicas existentes en los manuales y normas colombianas para tal fin con lo que se obtendrá una

¹⁶ CALDERON, Freddy Giovanni. Diseño geométrico de una red vial de CicloRuta en la localidad de suba-Bogotá D.C la cual permita establecer una interconectividad vial desde la av. calle 145 # 118 hasta la calle 130-a # 154. Trabajo de grado Ingeniero topográfico. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de medio ambiente y recursos naturales, 2015. 73 P.

¹⁷ Schepers, P., Twisk, D., Fishman, E., Fyhri, A. & Jensen, A. The Dutch Road to a High Level of Cycling Safety. Rajsrijk. Ministerio de Infraestructura y Medio Ambiente de Holanda. 2015, p. 271

¹⁸ DIAZ, Andrés y VELANDIA, Laura. Propuesta de Ciclorred Vial para el Municipio de Ubaté-Cundinamarca. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá D.C. Universidad La Gran Colombia. 2017, p128

comparación de los problemas de conectividad que se encuentran en el sector, y dar una solución de diseño de una ciclorruta en la Av. Américas entre carrera 30 y carrera 50.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Para el óptimo desarrollo de este trabajo, es importante tener claro los conceptos que intervienen en el diseño geométrico e ingeniería de tránsito, para el análisis de una propuesta la cual busca mejorar la forma en como los bici-usuarios utilizan el corredor.

4.3.1 Ciudad ciclo-inclusiva

Una ciudad ciclo-inclusiva es aquella en la que cualquier persona puede utilizar la bicicleta de manera segura y cómoda para todos sus desplazamientos. Dicho de otra manera, una ciudad ciclo-inclusiva es aquella en donde la bicicleta es una manera normalizada de transporte de todas las personas, sin importar su edad, para mujeres y hombres, para ir a trabajar o para el ocio, y para todos los periodos del día y del año.

Esta definición remite, en primer lugar, a los problemas y barreras que impiden esa facilidad en el uso de la bicicleta en las ciudades colombianas los cuales se pueden dividir en dos categorías: los estructurales y los individuales. Los primeros refieren a aquellos elementos que condicionan la movilidad ciclista en función de las características geográficas, económicas, urbanísticas, culturales y sociales de cada ciudad. Los problemas y barreras individuales son el resultado de las características de cada persona en particular, de sus condiciones y disponibilidad para pedalear, pero también de sus prejuicios y percepción de la bicicleta.

Los condicionantes generales de la movilidad ciclista se expresan en cada ciudad colombiana a partir de componentes de varios tipos:

- Geográficos (pendientes, clima, cursos fluviales)
- Urbanísticos (distancias a recorrer, tipologías urbanísticas)
- Ambientales (calidad del aire y del ruido, atractivo del paisaje urbano)
- De infraestructura vial (características de las vías)
- Servicios de transporte público (rasgos de las redes de transporte público)
- Seguridad ciudadana (riesgo en el espacio público)
- Seguridad vial (riesgo en la circulación)
- Culturales (imagen de la bicicleta)
- Económicos y fiscales (costo de la bicicleta y de los vehículos motorizados, regulación relacionada)

Para todo ese conjunto de retos y condiciones no existe una solución inmediata. De hecho, solo algunos de ellos admiten unas posibles soluciones o mejoras a

partir de la intervención en el diseño vial o en la creación de estacionamientos para bicicletas.¹⁹

Tabla 3. Condicionantes de la movilidad ciclista y papel de la ciclo-infraestructura ante ellos

CONDICIONANTES PARA LA MOVILIDAD CICLISTAS	POSIBLES MEJORAS POR MEDIO DE UNA DE CICLO-INFRAESTRUCTURA
Pendientes	El trazado de las redes ciclistas puede atenuar el efecto disuasorio de la topografía.
Clima	La ciclo-infraestructura puede incluir protección frente a factores meteorológicos adversos como exceso de asoleamiento, sequedad, viento o precipitaciones.
Calidad ambiental	La ciclo-infraestructura puede contribuir a reducir la contaminación atmosférica y el ruido, mejorando también el atractivo del paisaje urbano.
Tipologías urbanísticas y edificabilidad. Distancias para recorrer.	No se puede afrontar mediante ciclo-infraestructura.
Diseño y gestión de las vías.	La ciclo-infraestructura puede contribuir a que el diseño y la gestión de las vías atienda a todas las necesidades de las personas y a todos los modos de transporte.
Redes de transporte público	La ciclo-infraestructura debe reforzar y dar accesibilidad al transporte colectivo.
Seguridad ciudadana	No se puede afrontar mediante ciclo-infraestructura.
Seguridad vial	La mejora general de la seguridad de las vías es uno de los propósitos principales de la ciclo-infraestructura.
Culturales	La ciclo-infraestructura puede generar un efecto de legitimación cultural del uso de la bicicleta.
Económicos	No se puede afrontar mediante ciclo-infraestructura.

Fuente: Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

4.3.2 Ciclorruta

Las ciclorrutas son vías reservadas exclusivamente para la circulación en bicicleta, segregadas físicamente del resto del tránsito (motorizado) y también de los peatones. Las ciclorrutas pueden transcurrir al nivel de la calzada, al nivel del andén o a un nivel intermedio, pero siempre llevan algún tipo de segregación física. Pueden ser unidireccionales o servir para los dos sentidos circulatorios (bidireccionales).²⁰

4.3.2.1 Ciclorruta en sitio propio o en andén

¹⁹ MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, “Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas” {En línea} {agosto 2016} (C. Pardo & A. Sanz, Eds.). p.29.

²⁰ Ibid. p.76

Las vías separadas de las calles o segregadas del tráfico de vehículos motorizados por un espacio abierto una barrera, pueden ser una faja a la derecha, interna a la calzada, o una faja independiente a la derecha. Estas vías son típicamente usadas por peatones, corredores, patinadores y ciclistas como vías de doble sentido o bidireccionales. Las vías separadas pueden ser apropiadas en los corredores que no son bien servidos por el sistema de calles (cuando hay pocas intersecciones), para crear atajos entre orígenes y destinos urbanos, a lo largo de cinturones verdes tales como ríos y corredores férreos abandonados, y como elementos de recreación para la comunidad²¹.

4.3.2.2 Ciclorruta en vía compartida

Las ciclorrutas son apropiadas en muchas vías arteriales urbanas y en calles colectoras. Cuando el espacio es reducido e impide el diseño de una ciclorruta segregada puede pensarse en estudiar la implantación de fajas para ciclistas, las cuales consisten en separar un espacio exclusivo para bicicletas de la calzada destinada al tránsito motorizado. Estas ciclorrutas deberían estar siempre demarcadas para llamar la atención a un uso preferencial de los ciclistas²².

Las ciclorrutas son implementadas a través de:

- Reducción en los carriles de los automóviles.
- Eliminación de un carril de automóviles.
- Eliminación del estacionamiento lateral, excepto donde éste es esencial para el uso del suelo adyacente.
- Ampliación de hombrillos.

4.3.2.3 Bulevar para bicicletas

El bulevar para bicicletas es una calle con bajos volúmenes de tráfico donde el movimiento de los ciclistas adquiere prioridad en detrimento del flujo vehicular. Un bulevar para bicicletas es creado a partir de la modificación de la operación de una calle local a una calle para ciclistas, pero manteniendo el acceso local para automóviles²³.

4.3.2.4 Vías compartidas

En una calle compartida, ciclistas y conductores comparten los mismos espacios. El conductor de un vehículo motorizado usualmente tendrá que invadir la faja adyacente para adelantar a un ciclista, a menos que un sobrecosto le sea dado a dicha faja, tal como se describe más adelante. Las calles compartidas son adecuadas en calles de vecindarios con bajos volúmenes de tráfico²⁴.

4.3.2.5 Ciclorruta unidireccional

²¹ Instituto de Desarrollo Urbano. Plan Maestro de CicloRutas. Manual de Diseño. Bogotá D.C., Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 1999. P.12

²² Ibid. p.13

²³ Ibid. p.13

²⁴ Ibid. p.13

Una ciclorruta unidireccional es aquella que permite el tráfico de ciclistas en un sólo sentido. Normalmente se acompaña de otra ciclorruta en el sentido contrario al otro lado de la vía. Este tipo de ciclorruta se emplea por lo general cuando no existe espacio en los andenes o no existe un separador para implantar una ciclorruta bidireccional. Generalmente se demarca sobre la calzada entre el andén y el área de circulación motorizada²⁵.

4.3.2.6 Ciclorruta bidireccional

Una ciclorruta bidireccional posee carriles de circulación exclusivos para bicicletas en los dos sentidos. Generalmente se ubica segregada a un costado de la calzada vehicular o sobre el andén, cuando éste posee una dimensión suficiente.

Se recomienda este tipo de ciclorruta en la mayoría de los casos para el contexto local, preferentemente a la de tipo unidireccional, ya que ofrece mayor seguridad al ciclista y los vehículos motorizados no la pueden invadir²⁶.

Las recomendaciones incluidas en la siguiente tabla deberán ser usadas para determinar el tratamiento adecuado para todas las calles nuevas o reconstruidas. Generalmente, el tratamiento más apropiado para calles locales con menos de 3.000 vehículos motorizados por día que no son diseñadas como ciclorrutas, es el de una calle común (calles compartidas); no es necesaria ninguna infraestructura especial para bicicletas, pero pueden ser necesarias medidas para pacificación del tráfico. Sin embargo, en algunas calles locales se recomienda modificaciones destinadas a convertirlas en bulevares de bicicletas dentro de la red de ciclorrutas.²⁷

Tabla 4. Infraestructura de Ruta recomendada según TPD

NÚMER PROMEDIO DE VEHÍCULOS POR DÍA	INFRAESTRUCTURA DE RUTA RECOMENDADA
<3.000	Calle común, a menos que se especifique sobre la red de ciclorrutas un bulevar o una conexión señalizada.
>3.000	Ciclorruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, mejoras con medidas para pacificación del tráfico resultan aceptables.
>3.000 <10.000	Ciclorruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, mejoras con medidas para pacificación del tráfico o fajas con sobrecosto resultan aceptables.
>10.000 <20.000	Ciclorruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, fajas con sobrecosto son aceptables.
>20.000	Ciclorrutas. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, la alternativa de una infraestructura paralela debería ser desarrollada.

Fuente: Plan Maestro de Ciclorrutas Manual de Diseño.

4.3.3 Capacidad

²⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Opcit. p.86

²⁶ Ibid. p.86

²⁷ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Plan Maestro de CicloRutas. Manual de Diseño. Bogotá D.C. Instituto de Desarrollo Urbano. 1999. P. 14

La capacidad de una infraestructura vial se define como la cantidad máxima de flujo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un periodo específico sometido a las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, la circulación y las condiciones de control. Es una medida desde el punto de vista de la oferta de una infraestructura de transporte²⁸.

4.3.4 Nivel de servicio

Es una medida de la calidad del flujo, describe las condiciones de operación de un flujo de tránsito y de su percepción por los conductores y/o pasajeros, relacionadas con la velocidad, tiempo de viaje, la libertad de realizar maniobras, comodidad e interrupciones. Esta medida tiene una relación estrecha a la oferta y la demanda²⁹.

La metodología establece seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F.

- ✓ Nivel de servicio A: Flujo libre.
- ✓ Nivel de servicio B: Se encuentra dentro del rango de flujo libre, se pueden observar otros vehículos integrantes de la circulación.
- ✓ Nivel de servicio C: Flujo estable, se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios.
- ✓ Nivel de servicio D: Circulación de densidad elevada, aunque estable.
- ✓ Nivel de servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad.
- ✓ Nivel de servicio F: Flujo Forzado

Tabla 5. Niveles de Servicio Según la Frecuencia Total de Eventos

Nivel de Servicio	Frecuencia Total de Eventos (events/h)
A	< 40
B	< 60
C	< 100
D	< 150
E	< 195
F	≥ 195

Fuente: Manual de Capacidad Vial

4.3.5 Diseño geométrico

- **Espacio útil del ciclista**

Se admite que el ciclista se inscribe en una figura prismática con las siguientes dimensiones:

Ancho: 1,00 m

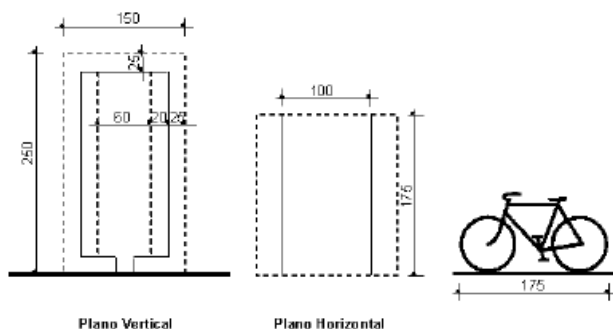
²⁸ CERQUERA ESCOBAR, Flor Ángela. Capacidades y niveles de servicio de la infraestructura vial. Colombia, Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2007. [Consultado: 12 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1222/1/RED-1.pdf>

²⁹ DIRECCION NACIONAL DE VIABILIDAD. Nivel de servicio en la red nacional de caminos. [en línea]. [Consultado: 12 de marzo de 2019]. Disponible en: http://transito.vialidad.gov.ar:8080/web_ns/metodologia.jsp

Largo: 1,75 m
 Alto: 2,25 m

El ancho de 1,0 metro resulta del ancho del manubrio (0,60 m), incrementado en el espacio necesario para el movimiento de los brazos y de las piernas (0,20 m para cada lado). El gálibo requerido será superior en 0,50 m al ancho y en 0,25 m en altura, tal como se ilustra en la figura³⁰.

Figura 5. Espacio útil de un ciclista (en cm)



Fuente: Manual de diseño IDU

4.3.6 Velocidad de referencia

La velocidad para la cual se diseña la ciclo-infraestructura es de gran importancia, ya que determina el radio, el peralte de las curvas y las distancias mínimas de visibilidad. Asimismo, afecta el espacio requerido al circular en bicicleta y, por lo tanto, condiciona el ancho necesario de las vías para ciclistas.³¹

En relación con la velocidad, hay que tener en cuenta que mientras en zonas planas la velocidad media de la mayoría de los usuarios suele oscilar entre 15 y 20 km/h, en tramos de pendientes continuas se puede alcanzar fácilmente velocidades de hasta 40 km/h, dependiendo también de la longitud del tramo en descenso. Por lo tanto, se suelen recomendar las velocidades de diseño descritas en la Tabla siguiente, algo superiores a la velocidad de referencia con el fin de proporcionar un margen suficiente de seguridad.³²

Tabla 6. Longitud de Tramo Según la pendiente.

PENDIENTE	LONGITUD DE TRAMO		
	25 - 75 m	75 - 150 m	> 150 m
3 - 5 %	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 - 8 %	40 km/h	45 km/h	50 km/h
9%	45 km/h	50 km/h	55 km/h

Fuente: Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

³⁰ Ibid. p.16

³¹ MINISTERIO DE TRANSPORTE PUBLICO. Opcit. p.99

³² Ibid. p.99

4.3.7 Pendientes máximas y sobreanchos

Dada la topografía diversa de Colombia es importante evaluar las pendientes del terreno y su efecto sobre las ciclorrutas. De ser posible no se debe diseñar ciclorrutas en lugares con pendientes constantes mayores a 6%, este nivel de pendiente fatiga al ciclista y desestimula el uso de la ciclo-infraestructura. Las pendientes influyen principalmente en dos aspectos:

- Esfuerzo requerido de ascenso
- Requerimientos de seguridad en descenso.

Tabla 7. Sobreancho de vía en pendientes

SOBREANCHO DE VÍA EN PENDIENTES			
Pendiente (%)	Longitud (m)		
	25 a 75	75 a 150	Más de 150
Entre 3 y 5	-	0.20	0.30
Entre 6 y 9	0.20	0.30	0.40
Más de 9	0.30	0.40	0.50

Fuente: Guía de Ciclo-Infraestructura.

Es posible diseñar ciclorrutas en terrenos con pendiente, siempre y cuando no sean muy pronunciadas o los tramos inclinados no sean muy largo. Igualmente, dado el esfuerzo y balance extra que debe hacer el usuario durante el descenso, es necesario contemplar sobreanchos en las ciclorrutas, especialmente si estas son bidireccionales³³.

4.3.8 Peralte

Como recomendación especial, el peralte de una curva nunca debe exceder el 12%; porcentajes más altos pueden causar movimientos lentos por la sensación de incomodidad de la pendiente.

Para ayudar a los ciclistas que van escalando en un camino bidireccional con curvas con pendientes mayores del 4%, el peral no debe exceder el 8%.

- Sobre ancho en el interior de las curvas.

Cuando se toma una curva estrecha con radios menores de 32 m, el ciclista se inclina al tomar la curva, y esta operación incrementa el riesgo de colisión; en consecuencia, la pista debe estar ensanchada de la curva. El sobreancho requerido es una función del radio de curvatura y se incluye en la siguiente tabla³⁴.

Tabla 8. Sobreancho en función del radio de curvatura.

RADIO DE CURVATURA	SOBREANCHO REQUERIDO (Pendiente entre 0% y 3%)
24 a 32 metros	250 mm
16 a 24 metros	500 mm
8 a 16 metros	750 mm
0 a 8 metros	1.000 mm

Fuente: Plan Maestro de Ciclorruta - Manual de diseño IDU

³³ ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Opcit. P25.

³⁴ Ibid. p. 27

4.3.9 Distancia de visibilidad y de frenado

Un factor muy importante por considerar al diseñar la ciclo-infraestructura es la distancia para frenar con seguridad, la cual depende de las pendientes, la superficie del pavimento y su estado (mojado o seco), así como la velocidad del ciclista. Por su parte, la distancia de visibilidad es la suma de la distancia de frenado más la distancia recorrida durante el tiempo de reacción que, como referencia, se supone de 2 segundos en los cálculos para la elaboración de la siguiente tabla.³⁵

Tabla 9. Velocidad de Diseño-Visibilidad y Frenada

Velocidad de diseño (Km/h)	Pendiente Descendiente					
	0%		3%		6%	
	Frenada	Visibilidad	Frenada	Visibilidad	Frenada	Visibilidad
20	20 m	31 m	25 m	36 m	30 m	41 m
30	35 m	52 m	40 m	57 m	45 m	62 m
40	50 m	72 m	55 m	77 m	60 m	82 m

Fuente: Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

Como se puede comprobar en la tabla, en tramos llanos y una velocidad de diseño de 20 km/h, se requiere una distancia de parada de 20 metros más la longitud recorrida durante el tiempo de reacción del ciclista (2 segundos), lo que supone una distancia adicional de unos 11 metros circulando a dicha velocidad. En síntesis, la distancia de visibilidad debe estar en torno de los 31 metros para este caso específico.³⁶

4.3.10 Trazado en planta

Para el trazado en planta se diferencia entre la curvatura en tramos y el radio de giro en intersecciones. En ambos casos se utiliza como referencia la velocidad de circulación, pero es mayor para el trazado de curvas en tramos (para no reducir sensiblemente la velocidad del ciclista), mientras que en las intersecciones la reducción de la velocidad es deseable (mayor seguridad) y el espacio suele ser más limitado.

Como se puede comprobar en la siguiente tabla, para garantizar por ejemplo una velocidad mínima de 10 km/h en los tramos, el radio mínimo en las curvas debe ser de 10 m (superficie pavimentada) o 15 m en superficie destapada. Si la velocidad de referencia es de 40 km/h el radio mínimo de la curvatura se aumenta hasta 30 m (asfalto) y 70 m (superficies destapadas).³⁷

³⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE PÚBLICO. Opcit. P101

³⁶ Ibid. P 102

³⁷ Ibid. P99

Tabla 10. Radio Mínimo de Curvas (m)

Velocidad (Km/h)	Radio Mínimo de curvas en tramos (m)	
	Superficie pavimentada	Superficie Destapada
	Asfalto / Concreto	Gravilla Compactada
20	10	15
30	15	35
40	30	70

Fuente: Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

Asimismo, a la hora de diseñar una vía para ciclistas, hay que tener en cuenta que el ciclista se suele inclinar al entrar en las curvas, por lo cual la vía debe ser más ancha en el interior de la curva en función del radio de esta. En caso de curvas de 10 metros de radio conviene ampliar la sección 1 metro, mientras que para las de 20 metros de radio este sobreeschance se puede reducir a la mitad.

En relación con el trazado de vías para ciclistas en intersecciones, los radios mínimos de giros son menores. Aun así, hay que respetar un radio mínimo de 3 metros, pues por debajo de esa cifra se obligaría al ciclista a bajar de su vehículo o a maniobras de equilibrio difíciles. En caso de diseñar vías aptas o concebidas especialmente para los triciclos, el radio mínimo debe ser de 5 metros.³⁸

Tabla 11. Velocidad-Radio

Velocidad (Km/h)	Radio (m)
12	3,2
15	6,5
20	10

Fuente: Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

4.3.11 Trazado en alzado

Pendientes Longitudinales Y Transversales

En relación con las pendientes longitudinales de las vías, hay que tener en cuenta que afectan no sólo al esfuerzo para ascender sino también la seguridad en los descensos. Para los ciclistas de tipo deportivo, no son recomendables los trazados que superen un 6% de gradiente ascendente, ya que son poco cómodos y atractivos para los ciclistas urbanos cotidianos.³⁹

No obstante, dada la orografía en amplia parte del territorio colombiano, en algunas rutas es necesario superar ese valor, en cuyo caso conviene garantizar que la vía para ciclistas tenga el ancho suficiente para facilitar una buena maniobrabilidad en ascenso y descenso, así como una pavimentación adecuada, sin materiales granulares, que reduzca el rozamiento rueda-calzada en subida y las posibilidades de deslizamiento en bajada. Para dichos tramos con pendientes

³⁸ Ibid. p.100

³⁹ Ibid. p.100

pronunciadas se deben considerar trazados que no superen las longitudes presentadas en la siguiente tabla.⁴⁰

Tabla 12. Longitud Máxima según la Pendiente

PENDIENTE	LONGITUD MÁXIMA PERMITIDA DE TRAMO
3 – 6 %	500 m
6 – 8 %	250 m
8 – 10 %	90 m
>10 %	30 m

Fuente: Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

Los desniveles inferiores al 3% no causan mayor problema en la circulación de bicicletas, por lo que pueden existir tramos largos con esta inclinación. En cambio, se deben evitar en la medida de lo posible las pendientes mayores al 6%, ya que pueden causar fatiga. El efecto negativo de los ascensos sobre la comodidad de la circulación en bicicleta se puede mitigar parcialmente, si cada cambio de inclinación está precedido por un tramo llano que permita al ciclista acelerar antes de empezar a ascender. En cuanto a las pequeñas rampas para salvar obstáculos o remontar bordillos, se recomiendan inclinaciones del 6% y máximas del 10-15%. Para remontar un bordillo de 12 cm, la rampa necesaria sería de 2 m al 6% y de 1,2 m al 10%. Hay que tener en cuenta que inclinaciones superiores resultan incómodas para el tránsito ciclista.⁴¹

Para facilitar el drenaje, conviene que la vía para ciclistas tenga como mínimo una pendiente transversal del 0,5%, pero en zonas lluviosas debería ampliarse hasta 1-2%.

⁴⁰ Ibid. p.101

⁴¹ Ibid. p. 102

4.4 MARCO LEGAL

- **Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 se disponen los siguientes objetivos.**⁴²

GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y PROTECCIÓN EN LA OPERACIÓN DE TRANSPORTE

Objetivo 1. Mejorar las condiciones de seguridad de la infraestructura de transporte y de los vehículos, y construir una cultura ciudadana de corresponsabilidad y autorregulación para una movilidad segura.

Ministerio de Transporte, la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) y la Policía de Carreteras desarrollarán y adoptarán especificaciones y estándares técnicos en materia de seguridad vial para la infraestructura carretera y en entornos urbanos, considerando el error humano. Para los demás modos de transporte, Ministerio de Transporte y las entidades competentes desarrollarán especificaciones y estándares técnicos en materia de seguridad vial en las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura para todos los modos.

- **Movilidad urbano-regional sostenible para la equidad, la competitividad y la calidad de vida**

Fortalecimiento y fomento del transporte en bicicleta y a pie. Ministerio de Transporte, con acompañamiento del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y Coldeportes, impulsará la formulación del Programa Nacional de Movilidad Activa, para orientar la planeación, financiación, regulación y promoción del transporte en bicicleta, triciclos y a pie (con especificaciones de seguridad), así como su infraestructura (ciclorrutas, ciclo-estacionamientos, espacio público, señalización, entre otros).

En el plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, se proyecta la estrategia de aumentar la infraestructura para ciclorruta con más de 120 km.

NORMATIVIDAD RELACIONADA CON EL DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE

- **Decreto 798 de 2010**⁴³

Reglamentación de los estándares urbanísticos básicos para el desarrollo de los equipamientos y los espacios públicos, necesarios para su articulación con los

⁴² Departamento Nacional de Planeación, Bases del Plan Nacional de Desarrollo. 2018-2022. "Pacto por Colombia, Pacto por la equidad". {En Línea} {febrero 2019} p. 511

⁴³ COLOMBIA. MINISTERIO DE INTERIOR Y JUSTICIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 798. (11, marzo, 2010). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010. No. 47.648

sistemas de movilidad, principalmente con la red peatonal y de ciclorrutas que complementen el sistema de transporte y se establecen las condiciones mínimas de los perfiles viales al interior del perímetro urbano de los municipios y distritos que hayan adoptado plan de ordenamiento territorial. Algunos artículos relevantes:

- Artículo 7. Elementos de los perfiles viales
 - Artículo. 8. Estándares para andenes
 - Artículo 9. Estándares para ciclorrutas
 - Artículo 11. Estándares para los cruces peatonales a desnivel
 - Artículo 12. Construcción del Perfil Vial
- **Ley 1083 de 2006 ⁴⁴ por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones.**

Artículo 1º. Con el fin de dar prelación a la movilización en modos alternativos de transporte, entendiéndose por estos el desplazamiento peatonal, en bicicleta o en otros medios no contaminantes, así como los sistemas de transporte público que funcionen con combustibles limpios, los municipios y distritos que deben adoptar Planes de Ordenamiento Territorial en los términos del literal a) del artículo 9º de la Ley 388 de 1997, formularán y adoptarán Planes de Movilidad según los parámetros de que trata la presente ley.

- **Decreto 1538 del 2005 ⁴⁵**

“Se refiere al diseño, construcción, ampliación, modificación y en general, cualquier intervención y/u ocupación de vías públicas, mobiliario urbano y demás espacios de uso público”.

- ⁴⁶ El CONPES específicamente como instrumento de política se refiere al mejoramiento del servicio de transporte público urbano de pasajeros. Para la utilidad de la presente guía, contiene información como:

- Medidas de gestión de tráfico y transporte: Estímulo al uso del transporte no motorizado, mediante dotación de equipamiento adecuado como señalización, parqueo de bicicletas, campañas educativas, peatonalización de vías, etc.
- Ejemplos de causas frecuentes de reducción en la capacidad de la infraestructura de transporte en ciudades colombianas
- Competencias legales de las autoridades locales en materia de transporte.

⁴⁴ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1083. (31, Julio, 2006). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2006. No. 46.346

⁴⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (19, mayo, 2005). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2005. No. 45913

⁴⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE PÚBLICO. Política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros. Conpes 3167. Bogotá D.C., 23 de mayo de 2002.

- **Ley 769 de 2002⁴⁷**

Código Nacional de Tránsito y Transporte de Colombia. En éste se definen los vehículos, normas de circulación para ellos y otros aspectos de tránsito y tráfico del país. El capítulo V se refiere a ciclistas y motociclistas y sus normas de circulación, el artículo 95 a normas específicas para el uso de bicicletas y triciclo.

⁴⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE PÚBLICO. Ley 769. (13, septiembre, 2002). Código Nacional de Tránsito Terrestre. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2002. No. 44.932

5. METODOLOGÍA

5.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque desarrollado en esta investigación fue de carácter mixto. La información recolectada expresa atributos, categorías, características y datos medibles, los métodos cualitativos permitieron encontrar datos tales como el uso de modos de transporte, tránsito y movilidad de los bici-usuarios en la zona del proyecto. Los métodos cuantitativos permitieron el análisis numérico de la información recolectada, mediante los cuales se pudieron determinar distancias, tiempos, cantidades e índices estadísticos de tránsito que fueron insumo para la formulación de la propuesta del diseño geométrico de la ciclorruta que permita la optimización de la movilidad, tránsito y transporte de bici-usuarios por la Avenida de Las Américas entre carrera 30 y carrera 50.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue de tipo proyectivo, dado que la propuesta que se elaboro fue con el fin de dar solución al problema de conectividad para los bici-usuarios; en este caso la elaboración de una propuesta del diseño geométrico de una ciclorruta en la Avenida de Las Américas entre carrera 30 y carrera 50 requiere un reconocimiento previo de la situación actual de los bici-usuarios, la zona del proyecto y de todos aquellos factores que intervienen en la elaboración de dicha propuesta; el diagnóstico de las necesidades actuales y el establecimiento de una alternativa de solución conforma un proceso investigativo que se enfoca en dar solución a las necesidades de movilidad, tránsito y transporte de bici-usuarios en dicho tramo vial. Tal información debe ser analizada, evaluada y destinada como fundamento para el diseño de una ciclorruta que aporte una solución a tal problemática.

5.3 VARIABLES

A medida que se avanzó en la investigación la definición de las variables fueron tomando relevancia, dada su importancia en el diseño geométrico de la ciclorruta. Para este caso en particular se establecieron tres variables de influencia directa sobre la condición de los bici-usuarios en la zona del proyecto, y el posible trazado que adopte la propuesta de diseño geométrico de ciclorruta, estas son:

- Tránsito actual en la Avenida de Las Américas entre carrera 30 y carrera 50, para tener en cuenta la cantidad de vehículos que transitan por dicha avenida y definir el tipo de ciclorruta que se debe implementar en este tramo vial.
- Identificación de bici-usuarios inmiscuidos en siniestros por la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50, teniendo en cuenta el tipo de accidentes, género y puntos de incidencia.

- Oferta actual de infraestructura vial para bici-usuarios en el tramo que comprende la avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50, para analizar la conectividad.

5.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Este trabajo se compone de varias técnicas de recolección y análisis de datos mediante la información consignada en el instrumento correspondiente, dependiendo del tipo de variable:

- Tránsito de la Avenida de las Américas, teniendo en cuenta carros, buses y camiones. Solicitada esta información en la Secretaría de Movilidad de Bogotá D.C. y consignada en el formato de análisis de tránsito.
- Información de bici-usuarios involucrados en accidentes por la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50. Solicitada a la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá D.C. y consignada en el formato de origen.
- Análisis de la oferta actual de infraestructura vial para bici-usuarios en el tramo que comprende la avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50.
- Tránsito de bici-usuarios por la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50. Tomada en campo y consignada en el formato para aforos vehiculares.
- Información topográfica del tramo vial a trabajar. Con la ayuda de herramientas como Building Information Modeling, BIM, utilizando los softwares Infracore 360 y Google Earth.
- Análisis del tránsito en la zona de estudio por medio del software PTV Vissim, teniendo en cuenta tiempo de recorrido, longitud de cola y nivel de servicio.
- Programas de diseño asistido por computadora. Civil CAD 3D.

5.5 FASES DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se desarrolló en tres fases:

Fase 1: Caracterizar las variables presentes en la avenida de las Américas que intervienen para el diseño de una ciclorruta en la zona. Dentro de esta se desarrollaron las siguientes actividades:

Fase 2: Plantear alternativas de diseño geométrico de una ciclorruta en la zona del proyecto. Dentro de esta se realizaron las siguientes actividades.

Fase 3: Generar la propuesta definitiva para el diseño geométrico de una ciclorruta para la Avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50. Dentro de esta fase se realizaron las siguientes actividades.

FASE 1

- Análisis de la oferta actual de infraestructura vial para bici-usuarios en el tramo que comprende la avenida de las Américas entre carrera 30 y carrera 50. Información tomada en campo.
- Recolectar información tránsito para bici-usuarios en la zona del proyecto. Por medio de la Secretaría de Movilidad de Bogotá D.C.
- Identificar ventajas y desventajas del tránsito de los bici-usuarios en la zona del proyecto.
- Realizar un diagnóstico de las condiciones del tránsito actual en la zona de estudio por medio del software PTV Vissim.

FASE 2

- Adquirir la superficie topográfica por medio de softwares como Google Earth e Infracad 360
- Reconocer los posibles puntos de conexión en el trazado de la ciclorruta.
- Diseñar las alternativas de conexión con base en los insumos recopilados a lo largo de las fases anteriores, por medio del software Civil CAD 3D.
- Modelar las alternativas de ciclorrutas en el software Infracad 360 en pro de establecer la compatibilidad del diseño con los demás factores que afectan la movilidad y conectividad en la zona del proyecto.
- Comparar las alternativas de conexión realizadas con el fin de establecer la viabilidad de las mismas y escoger la más factible para el proyecto.

FASE 3

- Diseño de la propuesta definitiva basada en las consideraciones obtenidas en las fases anteriores.
- Modelar la propuesta definitiva haciendo uso del software PTV Vissim
- Realizar un análisis de tránsito de la propuesta planteada y tener un tiempo de viaje estimado según el Software PTV Vissim

6. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta sección son producto de la recolección de datos en campo y en entidades públicas a nivel distrital; la utilización de estos fue primordial para el trazado y diseño geométrico de la ciclorruta la cual busca generar conectividad entre la Avenida las Américas entre la Carrera 50 hasta las Carrera 30.

6.1 ANÁLISIS DE ACCIDENTALIDAD

De acuerdo con lo estipulado en el artículo 2 del Código Nacional de Tránsito (Ley 679 del 2002), accidente de tránsito se define como: “evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en el que igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o las vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho”.

La identificación del tipo de accidentalidad y actores implicados fue uno de los objetivos en esta sección, por ello fue necesario realizar la recopilación de los datos suministrados por la Secretaría Distrital de Movilidad, la información dada por la entidad en mención es clasificada de dos maneras: lesionados y muertes. Los datos registrados datan del año 2015 hasta el 2018 (Ver Anexo A); se optó por clasificar los datos de la siguiente manera:

- Tipo de accidente
- Tipo de usuario
- Género

6.1.1 Clase de accidente

La identificación de los siniestros de acuerdo con la clasificación brindada por el Registro Nacional de Accidentes de Tránsito (RNTA), el cual está integrado por los informes policiales de accidentes de tránsito (IPAT). Los accidentes deben ser registrados según la clase y la gravedad.

Dicha clasificación es la siguiente:

Clase DE ACCIDENTE:

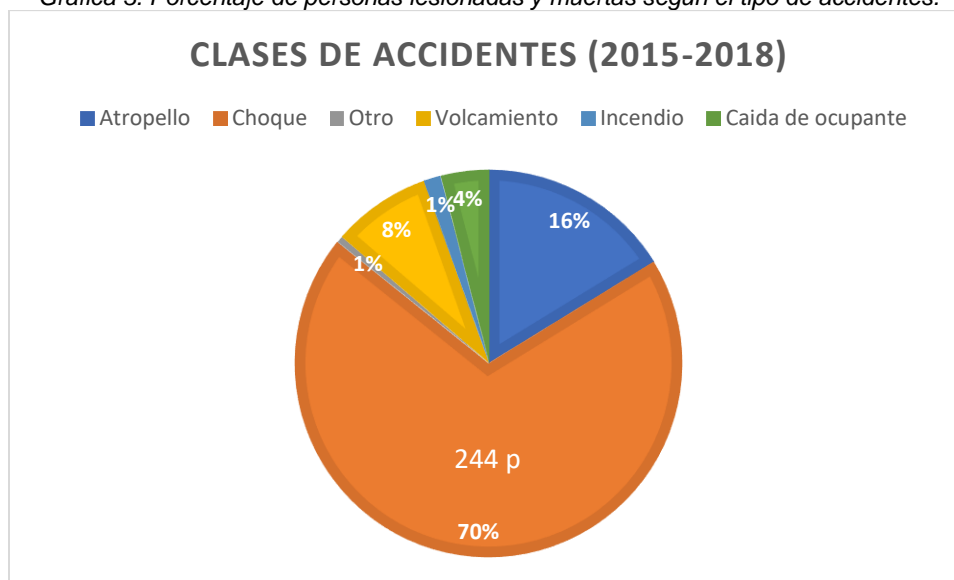
- Choque.
- Caída de ocupante.
- Atropello.
- Incendio.
- Volcamiento.
- Otro

GRAVEDAD

- Lesionados.
- Muertos.

En la siguiente gráfica se relaciona la cantidad de personas muertas y lesionadas, según el tipo de accidente.

Gráfica 3. Porcentaje de personas lesionadas y muertas según el tipo de accidentes.

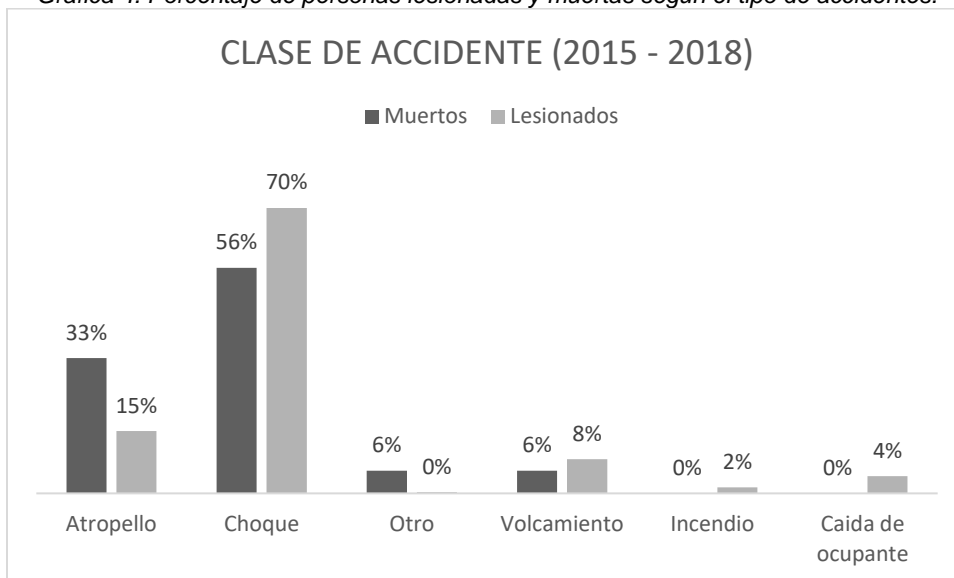


Fuente: propia, según los datos dados por la Secretaria Distrital de Movilidad

En la gráfica 3, se evidencia los accidentes que se presentaron con daños registrados entre 2015 al 2018, según los registros de la Secretaria Distrital de Movilidad, siendo los accidentes que involucran choques entre vehículos los de mayor incidencia con un 70% (244 con daños) del total de los 351.

Discriminando la cantidad de personas involucradas según el tipo de accidentes, en la gráfica 3, se logra apreciar que los siniestros que involucran choques son los que se presentaron con mayor incidencia en el tramo de estudio; mostrando los resultados en porcentaje según la gravedad del accidente el 70% de los lesionados fueron producto de sucesos que involucraron choques, igualmente en la cantidad de personas muertas según el tipo de accidente, se encuentra un 56% de decesos producidos por accidentes que relacionan choques entre vehículos ya sean motorizados o no motorizados.

Gráfica 4. Porcentaje de personas lesionadas y muertas según el tipo de accidentes.

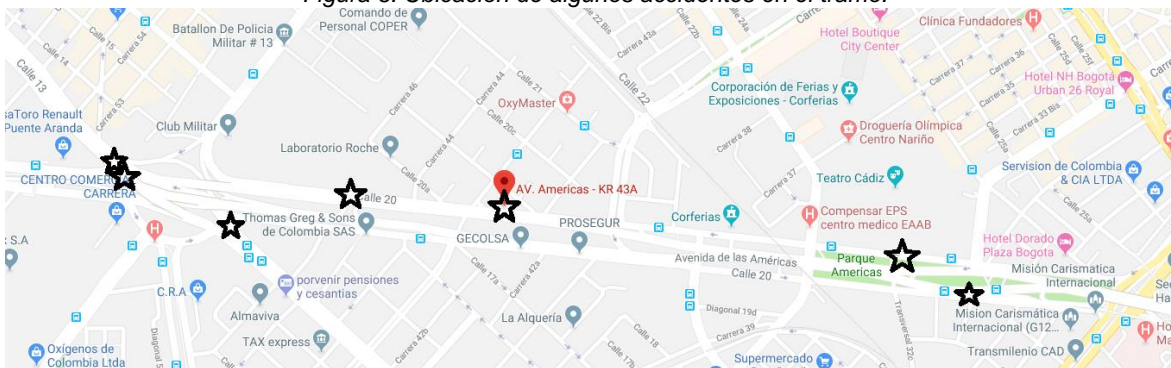


Fuente: propia, según los datos dados por la Secretaria Distrital de Movilidad

De la información suministrada se identificaron algunos puntos en donde se han registrado los accidentes de tránsito en el tramo de estudio, dando como resultado la figura 6. Gracias al reconocimiento realizado a la zona, se puede determinar que, en alguno de los casos, las causas de estos pueden estar relacionadas con los usuarios y otras con las condiciones de la vía.

Los puntos corresponden a accidentes involucrados con bici-usuarios, dadas las condiciones actuales del tramo, se puede concluir que la invasión de la calzada para circulación de vehículos motorizados es uno de los causantes de dichos accidentes.

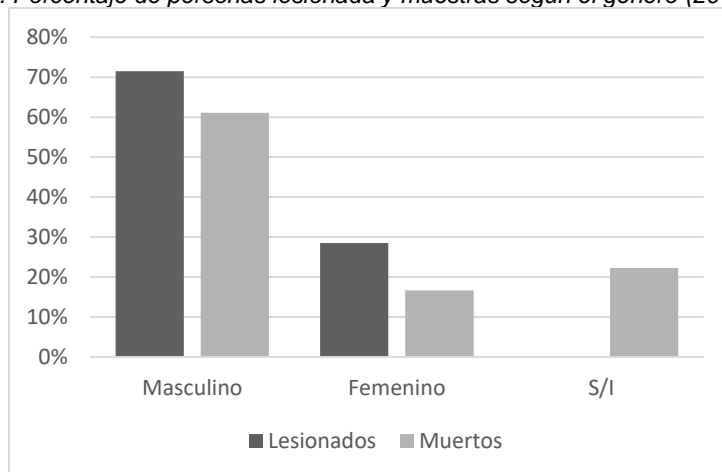
Figura 6. Ubicación de algunos accidentes en el tramo.



Fuente: propia, según los datos dados por la Secretaria Distrital de Movilidad

6.1.2 Género

Gráfica 5. Porcentaje de personas lesionada y muertas según el género (2015 – 2018).



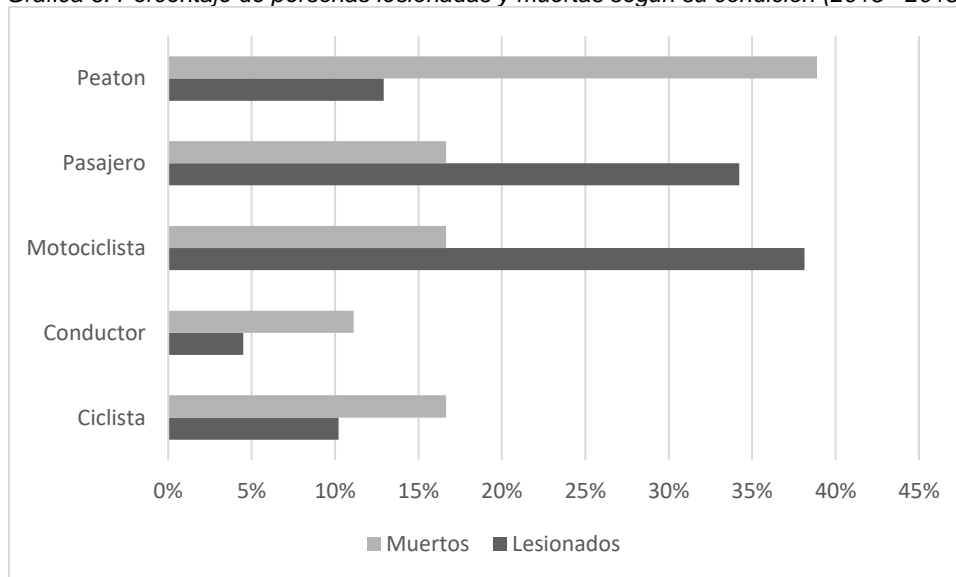
Fuente: propia, según los datos dados por la Secretaria Distrital de Movilidad

Del gráfico anterior se concluye que los hombres son los más afectados dentro de los accidentes, ya sea como lesionados o muertos; sin embargo, dentro de los datos adquiridos se encuentra que un porcentaje de los afectados no fueron identificados.

6.1.3 Tipo de usuario

Hace referencia al actor involucrado en el accidente con vehículos motorizados.

Gráfica 6. Porcentaje de personas lesionadas y muertas según su condición (2015 - 2018).



Fuente: propia, según los datos dados por la Secretaria Distrital de Movilidad

El gráfico 5 muestra que los peatones aportan la mayor cantidad de muertos, dadas las condiciones de las zonas de circulación peatonal en el tramo (muy reducidos y/o inexistentes), seguido de estos viene los ciclistas, motociclistas y pasajeros cada

uno aporta un 17% de los accidentes que involucran a 3 bici-usuarios muertos, producto de choques con vehículos motorizados; en cuanto a los lesionados los que mayor registran son los motociclistas y pasajeros, indagar sobre las causas de los accidentes en muchas de sus conclusiones la imprudencia, el exceso de velocidad y el no porte de los implementos de seguridad, vienen siendo unas de las causas.

Figura 7. Bici-usuarios en la Av. Américas



Fuente Propia

Para el desarrollo de este trabajo fue importante reconocer la cantidad de ciclistas lesionados y muertos, dado que el diseño más allá de generar una conectividad también busca disminuir el número de accidentes, por medio de la utilización de la ciclorruta; el análisis realizado permitió identificar que los ciclistas ocupan el tercer puesto en las personas lesionadas.

Ahora bien, dentro de la cantidad de ciclistas lesionados se identificó cuál de ellos estuvo involucrado en los tipos de accidentes registrados y las localidades, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 13. Cantidad de ciclistas lesionados según el tipo de accidentes.

TIPO DE ACCIDENTE	CANTIDAD DE CICLISTAS
Choque con vehículo motorizado	32
Atropello con vehículo motorizado	1
Volcamiento	1
Total	34

Fuente: propia, según los datos dados por la Secretaria Distrital de Movilidad

Dentro de los registros sobre el tipo de accidente visto desde lo general, el choque es el tipo de accidente con mayor número de registrados, en el caso de los ciclistas ocupa nuevamente el primer puesto; este comportamiento se puede relacionar a la falta de espacios para los bici-usuarios, los cuales utilizar este corredor vial con frecuencia. Dado que la Avenida las Américas a la altura de la Carrera 36 es el límite entre la localidad de Puente Aranda con la de Teusaquillo, para poder identificar los puntos donde ocurrieron los accidentes se agruparon según la localidad, cuyos resultados son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 14. Cantidad de ciclistas lesionados según la localidad

LOCALIDAD	CANTIDAD DE CICLISTAS
Puente Aranda	30
Teusaquillo	4
Total	34

Fuente: propia, según los datos dados por la Secretaria Distrital de Movilidad

Los accidentes registrados muestran que los lugares en donde se han presentado los ciclistas no cuentan con la infraestructura adecuada para transitar, es por ello, que se ven obligados a ocupar las calzadas donde transitan los vehículos particulares y de servicio público, exponiéndose a cualquier tipo de accidentes, como se mencionó con anterioridad, en la gran mayoría de los puntos mostrados en la figura 6 la ciclo-infraestructura es inexistente.

Los ciclistas aportan el 16% de las muertes registradas, en los registros estas muertes son producto de choques ubicados en la localidad de Puente Aranda, en los puntos donde se presentaron los accidentes, los ciclistas no cuentan con la infraestructura adecuada para su desplazamiento.

Figura 8. Bici-usuario atravesando la Av. Américas



Fuente Propia

6.2 Análisis las condiciones operacionales del tránsito de bici-usuarios por la zona del proyecto.

6.2.1 Volumen Bicicletas

La importancia de conocer el volumen de tránsito en el tramo de estudio es vital para determinar las condiciones y características fundamentales que permitan garantizar el éxito del diseño, además con base a esos datos se puede estimar la


demanda del corredor; por ello se realizaron aforos en campo con el fin de recolectar la información necesaria para determinar la viabilidad del diseño de la ciclorruta. La ubicación para la toma de los datos se hizo de manera estratégica, es decir, en intersecciones y en alguno de los puntos registrados en los datos aportados por la Secretaria Distrital de Movilidad. Con el fin de conocer el comportamiento semanal del tránsito de ciclas por el corredor, los datos obtenidos corresponden a los cinco primeros días de la semana (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes) y teniendo en cuenta que el corredor es utilizado como parte de la ciclovía dominical, se consideró pertinente tomar los datos el domingo (Ver Anexo B).

Los puntos seleccionados para la captura de datos fueron:

1. Avenida de las Américas con Carrera 30.
2. Avenida de las Américas con Carrera 43.
3. Avenida de las Américas con Carrera 50.

La recolección de los datos se hizo en un rango de tiempo de 15 minutos hasta cumplir la hora, los datos son tomado según el sentido de circulación de la vía, es decir, de oriente a occidente y viceversa; cuyos datos fueron registrados en el siguiente formato:

Figura 9. Formato de consignación de Aforos de bicicletas.

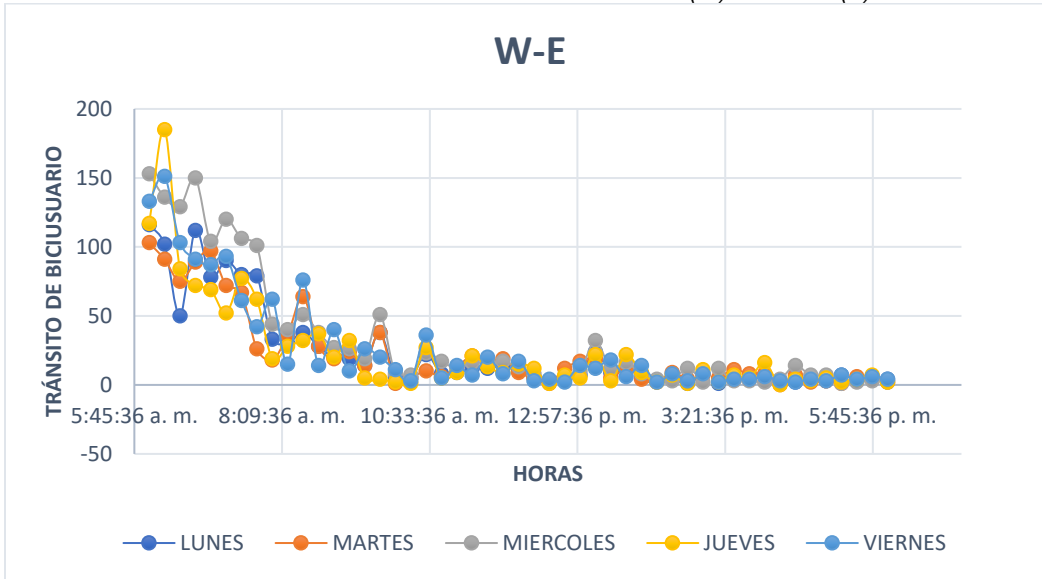
Aforo Tránsito Bicicletas		Universidad La Gran Colombia	
Fecha:			
Dirección:			
Facultad Ingeniería Civil			
Hora	Número de Biciusuarios		
	E-W	W-E	

Fuente: Propia

Cabe resaltar que solo se realizó el conteo de bicicletas con el fin de estimar la demanda real de los usuarios que transitan por el corredor.

A continuación, se muestran los resultados de los aforos hechos de lunes a viernes, en los puntos mencionados anteriormente.

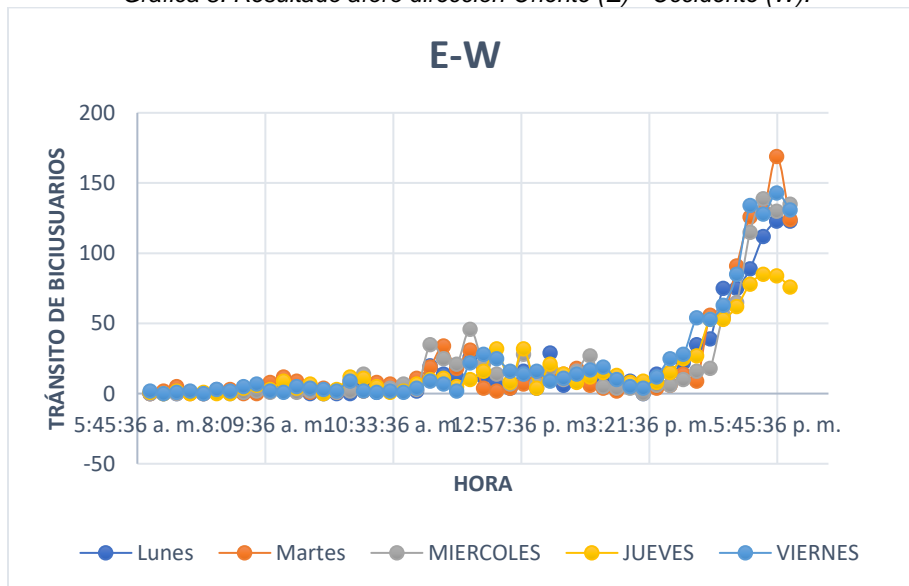
Gráfica 7. Resultado aforo dirección Occidente (W) – Oriente (E).



Fuente: propia

De los resultados obtenidos para el sentido occidente – oriente se logra diferenciar un pico el jueves, siendo este el día con mayor número de usuarios registrados con un total de 185 ciclistas en el horario de 6:15 a.m., es preciso señalar que el horario con mayor tránsito en este sentido se presenta desde las 6:00 a.m. hasta las 8:00 a.m.

Gráfica 8. Resultado aforo dirección Oriente (E) - Occidente (W).



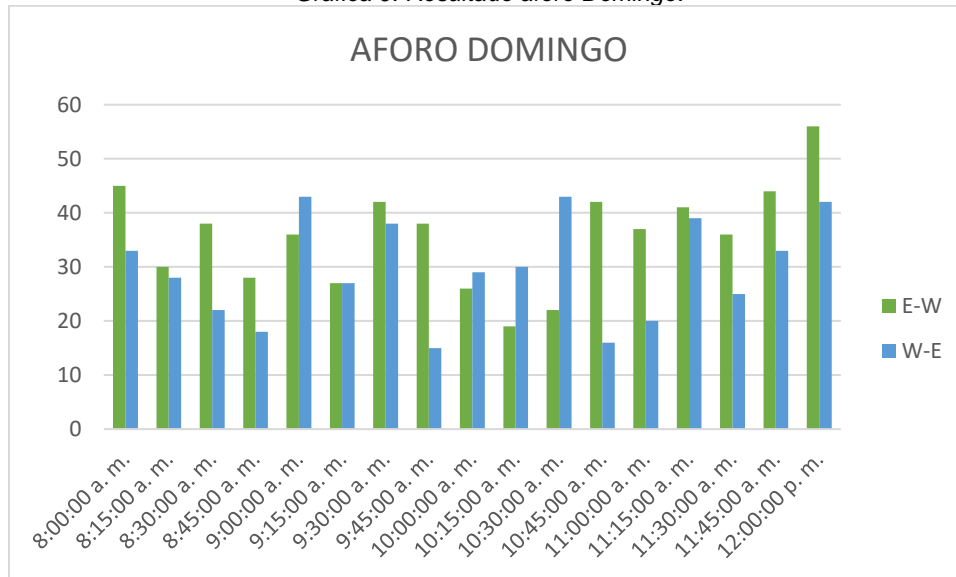
Fuente: propia

En consideración a los resultados anteriores se presenta un comportamiento inverso, el mayor flujo de tránsito en este sentido se da entre las 4:00 p.m. hasta las 6:00 p.m., siendo el martes el día con mayor número de usuarios registrados, este

comportamiento es debido a que, dicho horario se evidencia un retorno masivo de personas al corredor.

Dado que el corredor hace parte de la ciclovía dominical a la altura de la Carrera 43 hasta la Carrera 50 en el costado norte (Calle 20), se tomaron los datos teniendo en cuenta las consideraciones anteriores.

Gráfica 9. Resultado aforo Domingo.



Fuente: propia

Los datos fueron tomados desde las 8:00 a.m. hasta las 12:00 M, dado que se habilita una calzada con circulación bidireccional, el conteo fue tomado en dirección a la circulación de tránsito del corredor.

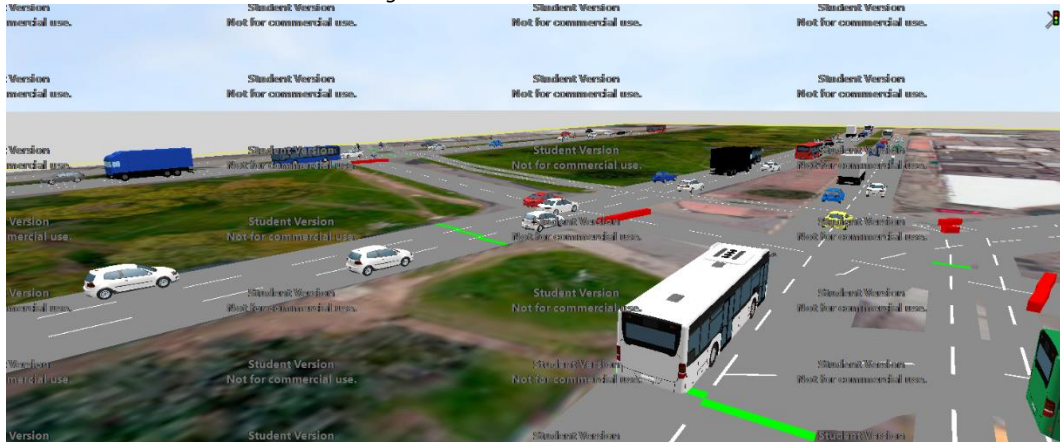
Considerando la ciclovía dominical como parte de la recreación de la ciudad, fue importante considerar la cantidad de usuarios que transitan por el corredor, más allá del uso que se le dé al corredor es poder estimar la demanda de usuarios. Teniendo en cuenta el alto número de bicicletas registradas y haciendo una relación con los datos aportados por la Secretaría Distrital de Movilidad se hace necesario generar un diseño acorde con las necesidades de la zona y de acuerdo a la demanda.

6.2.2 Modelación del Estado Actual de la Avenida de las Américas entre Carrera 30 y Carrera 50

Por medio del software PTV Vissim se hizo el diagnóstico de la zona de estudio, teniendo en cuenta todos los actores viales y el comportamiento de los mismos. Se realizó un análisis verificando la longitud de cola, tardanza en las paradas y el tiempo de viaje que se emplea en las cuatro intersecciones primarias que tiene la Avenida de las Américas.

Con los informes de tránsito aportados por la secretaría de movilidad se creó la modelación de la Av. Américas y con los datos del volumen de bici-usuarios adquiridos en campo, se procedió a formar la simulación en el software.

Figura 5. Modelación Av. Américas



Fuente Propia

6.2.2.1 Intersección Carrera 43 con Avenida de las Américas

En esta intersección se partió a conocer el volumen del tránsito y los posibles giros que pueden hacer los vehículos que disminuyen o aumentan el flujo del corredor vial. Continuando con ello, se hizo el diseño en el software de todo el sector, los tiempos de semaforización y se procedió a desarrollar el análisis de tráfico en la intersección, obteniendo los siguientes datos arrojados por el software.

Tabla 15. Análisis de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 43

MOVIMIENTO	Longitud Cola	Longitud Máxima Cola	Nivel De Servicio	Demora vehículos (s)	Demora personas (s)	Demora Paradas (s)	Paradas (Todas)
Cra. 43 S-N	27,94	84,81	C	25,42	25,42	19,84	0,56
Calle 20 E-W	27,48	97,54	C	27,78	27,78	18,73	0,65
Calle 20 W-E a Calle 17 A	44,1	77,83	D	51,01	51,01	42,13	0,77
Calle 20 W-E	44,1	77,83	C	30,39	30,39	22,63	0,58
Giro Calle 20 W-E a Cra. 43 N-S	44,1	77,83	D	46,72	46,72	36,15	0,95
Av. Américas W-E	95,96	141,46	E	56,59	56,59	41,78	1,09
Av. Américas E-W	79,76	132,9	D	50,38	50,38	37,21	0,9

Fuente Propia

Como se puede observar la longitud máxima de cola que se genera en esta intersección es alta y conforme al nivel de servicio que arroja el programa para la

avenida de las américas es de condición D y E, esto quiere decir, que su densidad vehicular es prominentemente alta, albergando alrededor de 22 a 28 vehículos por kilómetro en cada carril, añadiendo a los bici-usuarios los cuales al utilizar este corredor por la naturaleza misma del vehículo, no pueden alcanzar la misma velocidad de un vehículo motorizado.

Figura 6. Carrera 43 con Av. Américas



Fuente: Mapas Bogotá. <https://mapas.bogota.gov.co/#>

La tabla 16 muestra los resultados del análisis del tiempo de viaje en el tramo de estudio.

Tabla 16. Análisis tiempos de viaje en la Av. Américas con Carrera 43

CARRIL ANALIZADO	VEHÍCULOS	TIEMPO DE VIAJE (s)	DISTANCIA (m)
Av. Américas W-E	276	70,15	230
Calle 20 W-E	162	52,53	230
Av. Américas E-W	306	74,87	230
Calle 20 E-W	162	49,96	230

Fuente Propia

Si bien el número de vehículos que muestra el programa son pocos, el tiempo de viaje arrojado es un promedio de todos los actores viales que transitan en cada corredor, sin embargo, el tiempo de viaje es realizado en una distancia de 230 metros, cabe resaltar que los ciclistas que transitan por el corredor afectan de manera directa a los vehículos motorizados, generando tardanzas ya que estos deben maniobra de tal manera que se eviten accidentes en la vía.

6.2.2.2 Intersección Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A

En esta intersección se vio la necesidad de analizar el flujo de la carrera 40, que al conectarse con la Av. Américas aumenta su volumen vehicular y es una de las razones por las que se producen embotellamientos, no obstante, en este sector se

reconoció un alto flujo de ciclistas, los cuales provocan un aumento en el tiempo de viaje de la avenida. Para entender el comportamiento de la intersección, se planteó la modelación de esta en el software Vissim, arrojando los siguientes datos.

Tabla 17. Análisis del tránsito en la Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A

Movimiento	Longitud Cola	Longitud Máxima Cola	Nivel De Servicio	Demora vehículos (s)	Demora personas (s)	Demora Paradas (s)	Paradas (Todas)
Av. Américas W-E	86,79	115,76	F	106,04	106,04	61,28	3,11
Calle 20 W-E	34,28	116,05	D	52,83	52,83	26,2	1,8
Conexión Cll. 20 a Tv 39 Bis A	34,28	116,05	D	53,24	53,24	27,4	1,49
Transversal 39 Bis A hacia Calle 20 E-W	18,96	67,89	F	80,23	80,23	50,86	2,05
Calle 20 E-W	21,11	76,52	E	72,2	72,2	40,83	1,69
Av. Américas E-W	110,07	171,62	F	83,58	83,58	46,4	1,8
Carrera 40 hacia Av. Américas W-E	43,6	69,29	F	115,5	115,5	68,06	3,55
Carrera 40 hacia Calle 20 W-E	43,6	69,29	F	112,04	112,04	78,05	3
Carrera 40 a Tv 39 Bis A	43,6	69,29	F	112,7	112,7	73,63	3,49

Fuente Propia

El nivel de servicio arrojado por el programa da a conocer que la intersección presenta un alto flujo vehicular, presentándose así una dificultad en la movilización, la cual afecta la circulación por medio de demoras, trancones y posibles accidentes. La tardanza de corrido en esta es muy alta, resaltando que no es un trazado muy largo desde la Carrera 40 hasta la Transversal 39 Bis A.

Figura 7. Av. Américas con Carrera 40 (izquierda) y Transversal 39 Bis A (derecha)



Fuente: Mapas Bogotá. <https://mapas.bogota.gov.co/#>

Añadiendo que el tiempo de viaje es muy alto, se estableció realizar un análisis al mismo teniendo en cuenta una distancia de 340 metros, los cuales que se

establecen antes de la carrera 40 y atravesando la Transversal 39 Bis A, obteniendo la siguiente la tabla.

Tabla 18. Análisis Tiempo de Viaje en la Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A

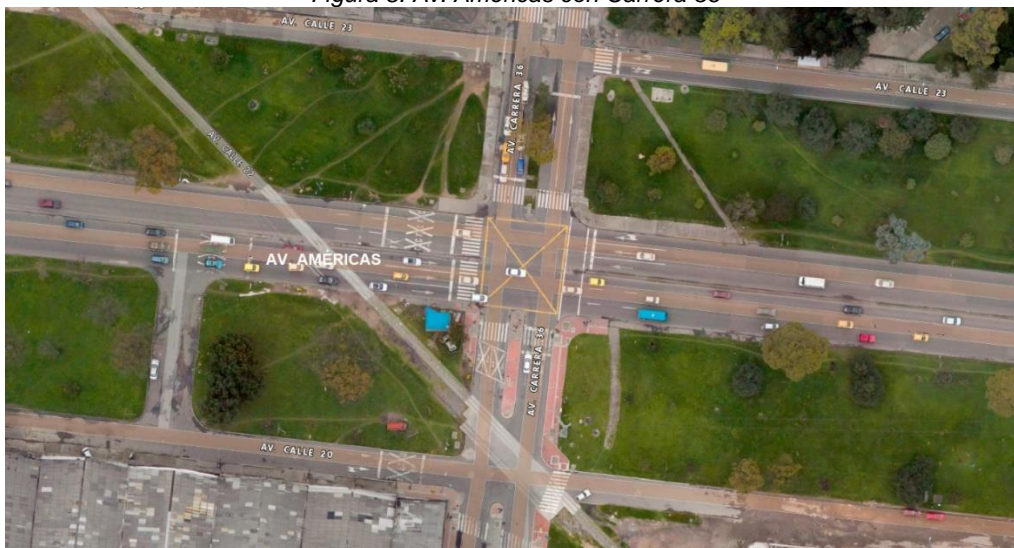
CARRIL ANALIZADO	VEHÍCULOS	TIEMPO DE VIAJE (s)	DISTANCIA (m)
AV. Américas E-W	282	90,47	340
Calle 20 E-W	118	99,8	340
Calle 20 W-E	42	77,71	340
Av. Américas W-E	237	127,39	340

Fuente Propia

Como se estableció anteriormente, la Av. Américas sentido occidente - oriente presentó un mayor tiempo de viaje el cual se ve afectado por el volumen vehicular agregado por la Carrera 40, dicha afectación crea una necesidad de movilidad mayor, sin embargo, el nivel de servicio que presenta la avenida es de una condición F, el cual es el índice de volumen más alto que puede tener una vía. Asociando el volumen de vehículos tanto motorizados y no motorizados que afectan el cruce entre la Av. Américas y la Calle 20 se presentan afectaciones al flujo vehicular, ya que, por el estado actual de la Calle 23 (pavimento en mal estado), los usuarios deben realizar un desvío hacia la Av. Américas para continuar su recorrido hacia el oriente, el cual provoca embotellamiento vehicular.

6.2.2.3 Intersección Av. Américas con Carrera 36

Figura 8. Av. Américas con Carrera 36



Fuente: Mapas Bogotá. <https://mapas.bogota.gov.co/#>

En esta intersección se presenta un mejor flujo vehicular, ya que la Carrera 36 es un corredor poco transitado en comparación de la Carrera 40, logrando que el tiempo de luz verde en la Av. Américas sea mayor y permita el avance continuo de los vehículos. Esta sección presenta una densidad de tránsito más alta que las intersecciones anteriores porque la Av. Américas sentido occidente - oriente a la

altura de la Carrera 36 alberga el tráfico que estaba en la calle 20, de la carrera 40 y la av. Américas, teniendo una longitud de cola muy alta como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 19. Análisis de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 36

Movimiento	Longitud Cola	Longitud Máxima Cola	Nivel De Servicio	Demora vehículos (s)	Demora personas (s)	Demora Paradas (s)	Paradas (Todas)
Av. Américas W-E	26,45	64,72	E	56,12	56,12	8,84	0,88
Av. Américas W-E a Calle 23	106,43	350,12	E	72,06	72,06	9,96	1,61
Av. Américas E-W giro en U hacia Av. Américas W-E	91,97	203,5	F	91,67	91,67	31,51	4,63
Av. Américas E-W	87,55	203,5	E	73	73	19,62	2,1
Av. Américas E-W a Calle 23 E-W	164,21	203,5	E	77,13	77,13	21,71	2,43
Calle 23 W-E a Av. Américas W-E	6,01	36,38	D	39,57	39,57	13,61	1,33
Calle 23 W-E a Carrera 36 N-S	6,01	36,38	B	11,86	11,86	7,52	0,44
Calle 23 W-E	6,01	36,38	B	10,81	10,81	4,48	0,47
Carrera 36 S-N	24,36	99,76	E	59,35	59,35	40,89	1,89
Carrera 36 N-S	13,14	36,48	C	32,71	32,71	23,65	0,69
Transversal 32 c S-N a Av. Américas W-E	8,82	33,09	D	52,55	52,55	9,57	1,33
Transversal 32 c S-N a Calle 23	4,41	33,09	A	7,75	7,75	1,13	0,28

Fuente Propia

El nivel de servicio en esta sección es de una densidad alta, dado por la gran cantidad de vehículos que transitan por la misma, cabe mencionar que la velocidad en el recorrido se ve afectada por los ciclistas, ya que en los resultados obtenidos se denota un alto flujo de vehículos no motorizados. Cabe mencionar que las paradas que deben realizar los buses del Sistema Integrado de Transporte (SITP), generan un embotellamiento en el carril derecho, provocando que los vehículos que transitan por dicho carril tengan que disminuir su velocidad. Los ciclistas que usan este carril muchas veces por su seguridad deben detenerse, ya que al tratar de pasar por el lado de un bus o un camión puede afectar su salud por la polución que estos generan.

La siguiente tabla contiene los tiempos de viaje para el tramo en mención.

Tabla 20. Análisis Tiempo de Viaje en la Av. América con Carrera 36

CARRIL ANALIZADO	VEHÍCULOS	TIEMPO DE VIAJE (s)	DISTANCIA (m)
Calle 23 E-W	72	78,69	780
Av. Américas E-W	143	116,3	812,3
Av. Américas W-E	189	158,94	810
Calle 23 W-E	16	57,46	690

Fuente Propia

El tiempo promedio de viaje que arroja el software Vissim permite ver que la Av. Américas sentido occidente - oriente está siendo afectada por los retrasos que pueden generar tanto las paradas de los buses como la baja velocidad por parte de los vehículos no motorizados (ciclistas).

Teniendo en consideración los análisis anteriores, se puede concluir que es necesario la solución de conectividad para vehículos motorizados y no motorizados, ya que al contar con una ciclo-infraestructura le permitiría a los bici-usuarios transitar de manera segura y a los vehículos motorizados mejoría en el flujo vial; planteando una conexión necesaria en la zona de estudio la cual beneficie a todos los actores viales que transitan por este sector.

6.3 DISEÑO

6.3.1 Dimensionamiento transversal

Según la guía de ciclo infraestructura⁴⁸ en la sección de parámetros de diseño, se recomienda para una ciclorruta bidireccional una dimensión transversal de mínimo 2,20 metros y una dimensión recomendable de 2,60 metros, por consiguiente, en el presente diseño se tomó una longitud transversal de 3,0 metros por los sobrecanchos que se deben tener en cuenta para cada ciclorruta.

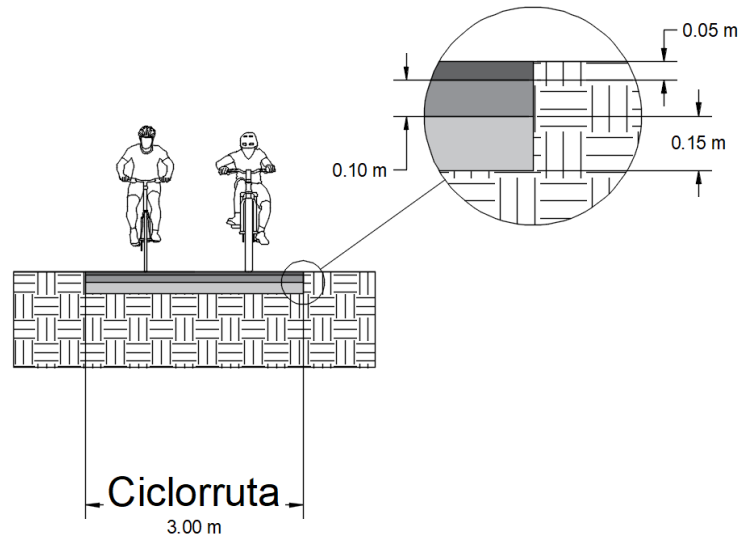
Teniendo así un espacio óptimo para los bici-usuarios donde tengan la libertad de maniobrar, tener seguridad y no entrar en conflicto con los demás actores viales que hay en el tramo de estudio.

En la figura 10 se observan los espesores del ensamblaje recomendados por el plan maestro de ciclorrutas, manual de diseño del Instituto del Desarrollo Urbano⁴⁹, se acordó utilizar el pavimento bituminoso también usado en calles, el cual, teniendo un costo alto, cuenta con una durabilidad suficiente para los usuarios y buena superficie de rodamiento. Este ensamblaje consiste en 5 centímetros de premezclado en frío, 10 centímetros para la base estabilizada y 15 centímetros para una subbase de suelo compactado.

⁴⁸ MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas. (C. Pardo & A. Sanz, Eds.). Bogotá D.C, Colombia. 2014. p. 93

⁴⁹ INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Plan Maestro de Ciclorutas, Manual de Diseño. Alcaldía de Bogotá. Bogotá D.C., Colombia. 1999. P. 42-43

Figura 9. Ensamblaje Propuesta Ciclorruta



Fuente: Propia

6.3.2 Diseño de alternativas de conexión

Se realizaron tres alternativas de conexión desde la Av. de la Américas con Carrera 50 hasta la Carrera 43, puesto que desde este punto se proyecta el trazado de una ciclorruta sobre separado central, dado que cuenta con un espacio propicio para la implementación del diseño.

A la altura de la transversal 32c, se propone el uso de una ciclo-banda bidireccional en la calle 23 costado sur hasta la Carrera 30 la cual se conecte con la ciclorruta existente. Actualmente la calzada de la Calle 23 se encuentra en mal estado (pavimento deteriorado, andenes inexistentes) por lo que su flujo vehicular es bajo; haciendo uso de esta calzada se pretende mejorar el tránsito en general de la Av. Américas hacia el oriente.

Figura 10. Calle 23 con Transversal 32c



Fuente: Google Maps

6.3.2.1 Ciclorruta sobre separador central desde la Carrera 43

En la Avenida de las Américas costado sur se encuentra la conexión de las ciclorrutas entre la Av. Calle 13 y la Av. Américas, dicho recorrido comprende tomar la Av. Calle 9 sentido occidente – oriente y desplazarse hasta la calle 13 como se muestra en la figura 12, dado que la Av. Calle 13 cuenta con una ciclo-infraestructura en todo su tramo, permite realizar la conexión con la ciclorruta propuesta en la Carrera 43 con Calle 13.

Figura 11. Conexión Ciclorruta desde Av. Calle 9 a Calle 13



Fuente: Mapas Bogotá, <https://mapas.bogota.gov.co/>

- **Trazando en planta**

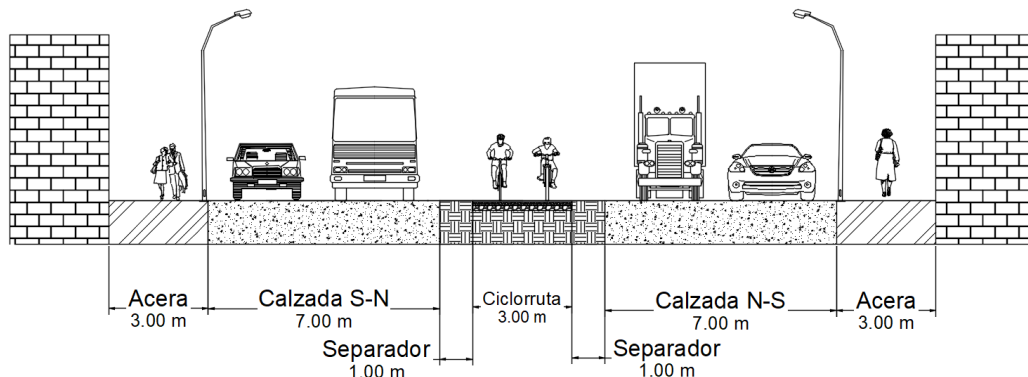
Este diseño se realizó teniendo en cuenta las consideraciones planteadas en la Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas, por esto, se tuvo en cuenta los radios de giro que se deben realizar para lograr cada curva, de igual manera la distancia de cada tangente para así asumir una velocidad que pueden llegar a tener conforme a su pendiente.

La carrera 43 cuenta con un separador central de 5 metros de longitud transversal, siendo un espacio útil para realizar una ciclorruta donde se logre resguardar y proteger la vida de los bici-usuarios que transiten por este tramo, ya que para el diseño planteado en este proyecto solo se requieren tres metros transversales, este separador central otorga un área de trabajo ideal para la ciclorruta trazada.

- Radio mínimo de Curvatura: 10 metros
- Velocidad de referencia 20 Km/h

Para tomar la avenida Carrera 43 desde la Calle 13, se dispuso de un radio de curvatura de 6.5 metros que basado en la guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas⁵⁰, cuando se cuenta con una velocidad de 15 km/h, el radio de curvatura debe ser mayor a 6.5 metros. En la abscisa 1+249 se cuenta con un radio de curvatura de 20 metros, debido a la pendiente 5.47% con longitud de 47 metros cercana a esta curva, logrando que se produzca una velocidad de 35 km/h como lo establece la guía en mención. En la abscisa 1+370 se realizó una curva con un radio de 6.5 metros para tomar la ciclorruta en el separador central de la Av. De las Américas, siendo esta la alternativa de conexión que se establece a partir de la Av. Calle 13.

Figura 12 Ciclorruta Sobre Separador Central en la Carrera 43



Fuente Propia

✓ Trazado en alzado

- Pendiente máxima: 5.47%
- Longitud: 47.5 metros

En esta sección del diseño, la guía de ciclo-infraestructura recomienda no tener longitudes mayores a 500 metros cuando se maneja una pendiente entre el 3% y el 6%, sin embargo, en esta alternativa, solo se tiene una pendiente de 5.47% con una longitud de 47.5 metros, evitando la fatiga de los usuarios y logrando una comodidad

⁵⁰ Op.cit. MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. p. 99

para los mismos, tan solo podría generar una velocidad de 35 Km/h, sin embargo esta velocidad se ve retenida debido a que el espacio donde se puede realizar la aceleración, es la intersección de la carrera 43 con la Av. Américas siendo el paso de la ciclorruta del separador central de la carrera 43 al separador de la Av. Américas, disponiendo un semáforo en este sector para el paso de los bici-usuarios.

6.3.2.2 Ciclo – Túnel, paso a desnivel inferior

En esta alternativa se realizó un paso a desnivel inferior que logra una conexión rápida, cómoda y necesaria para la Avenida de las Américas con carrera 50 hasta la carrera 43, puesto que se cuenta con una ciclo-infraestructura en la Avenida de las Américas para tomar la carrera 50, se generó el diseño del deprimido empezando desde el espacio referenciado en la figura 14, para beneficiar a los ciclistas y por ser un espacio que no afecta los corredores viales aledaños ya construidos.

Figura 13. Conexión de Ciclorruta, Alternativa Ciclo-Túnel

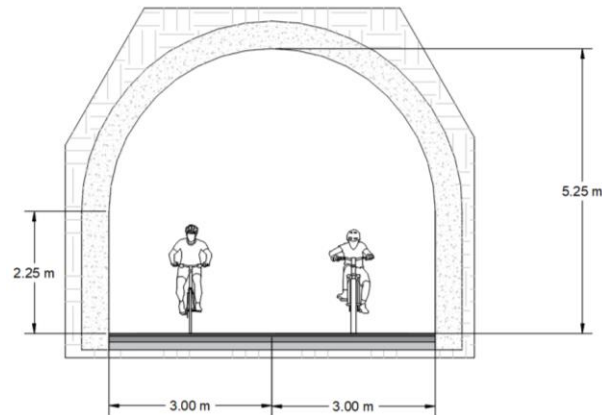


Fuente: propia

✓ Sección Transversal

En la Guía de Ciclo-infraestructura⁵¹, se recomienda el uso de un ensamblaje más amplio para los túneles o deprimidos que se quieran realizar, con un mínimo de 6 metros, para seguridad y comodidad de manejo al usuario. Siendo esta la razón que se use la sección mostrada en la figura 15.

Figura 14. Ensamblaje planteado Ciclo-Túnel



Fuente: Propia

✓ **Trazado en planta**

- Radio Mínimo de Curvatura de 30 metros
- Velocidad de Referencia 40 km/h

Se cuenta con dos radios de curvatura de 30 metros, por la pendiente que se maneja en esta sección, ya que paso a desnivel tiene una pendiente de 5.78% y 6.01%, y la longitud de cada pendiente es de 381 metros y 430 metros respectivamente. Ocasionando una velocidad de 45 km/h, por ello se utiliza un radio de curvatura mínimo de 30 metros como lo establece la guía de ciclo-infraestructura.

El ensamblaje de 6 metros cambia en la abscisa 0+880, debido a que la ciclo ruta ya se encuentra el exterior y no requiere los 6 metros estipulados por la guía de ciclo-infraestructura, sino que se usan los 3 metros transversales de corredor vial que están diseñados bajo el manual de diseño de ciclorrutas del Instituto del Desarrollo Urbano.

✓ **Trazado en alzado**

- Pendiente máxima de 6.01%
- Longitud de la pendiente la máxima es de 430 metros

Las pendientes de la presente alternativa cuentan con 5.78% y 6.01% con una longitud de 381 metros y 430 metros respectivamente, siendo necesario el uso de una curva vertical de 40 metros, que se extraen del plan maestro de ciclorrutas del Instituto de Desarrollo urbano⁵², teniendo en cuenta la velocidad, la visibilidad y las

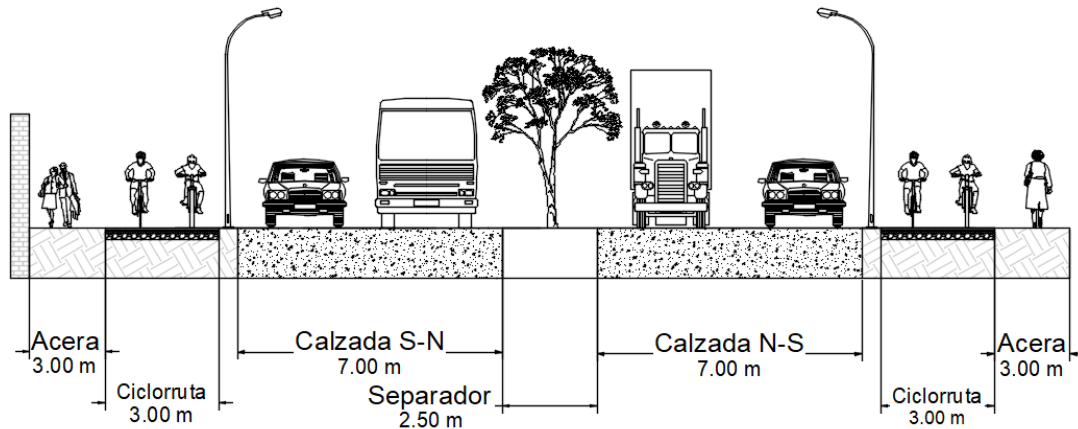
⁵¹ *Ibíd.* p. 121

⁵² INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. *Op. Cit.*, p.31

pendientes. También se cuenta con una pendiente del 1.24% conectando con la pendiente de 6.01%, teniendo una curvatura de 30 metros, siendo esta la sección que produce más agotamiento a los usuarios, sin embargo, su longitud no excede lo máximo dado por la guía de ciclo-infraestructura.

6.3.2.3 Ciclorruta Compartida sobre andén

Figura 15. Ciclorruta compartida sobre Andén en la Carrera 50



Fuente Propia

En esta alternativa se estableció usar la infraestructura de ciclorruta que cuenta la avenida de las Américas para conectar a la Carrera 50 (parte derecha figura 17), sin embargo, se necesita tomar un espacio del club militar, para poder generar la conexión hacia la Avenida de las Américas (parte izquierda figura 17).

Figura 16. Vista Carrera 50 hacia Av. de las Américas



Fuente: Google Maps

✓ **Diseño en planta**

Para la conexión de la ciclorruta de la infraestructura ya existente a la alternativa que se plantea, se generan dos curvas con un radio 6.5 metros, por la velocidad que se requiere en este tramo que es de 15 Km/h debido a las paradas que deben realizar los biciusuarios por el semáforo que se establece en este lugar, como se muestra en la figura 18.

- Radio mínimo de Curvatura 10 metros
- Velocidad de Referencia 20 Km/h

Figura 17. Conexión Carrera 50 a Alternativa 3



Fuente: Propia

En la Carrera 50 hacia la Calle 20, se plantea una velocidad de referencia de 20 km/h para tomar radios de curvatura de 10 metros, siendo paralela al corredor vial usado por vehículos motorizados que se dirigen hacia la Carrera 50. En la abscisa 1+173, se realizaron dos curvas con radio de 6,5 metros para seguridad de los usuarios y por la velocidad con la que se diseña esta sección debido a que se requiere cruzar con la ayuda de los semáforos de la intersección y den un lapso de paso apto para los biciusuarios.

Figura 18. Curvas Av. Américas con Carrera 43



Fuente Propia

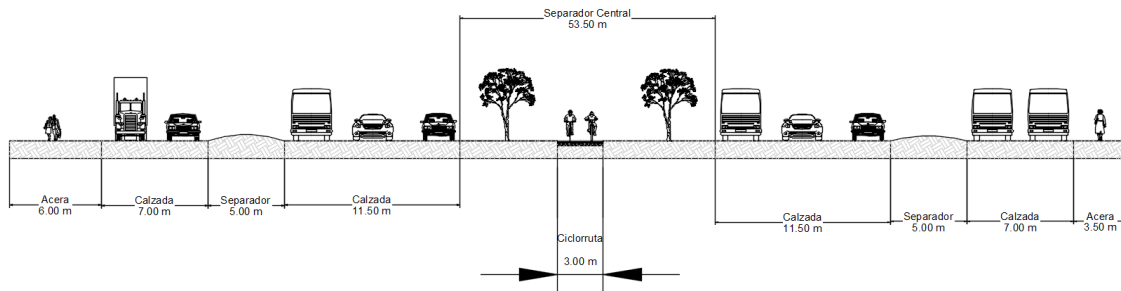
✓ Trazado en alzado

- Pendiente máxima de 3.81%
- Longitud de la pendiente máxima es de 144 metros
- Mínima longitud de curva vertical de 10 metros

La pendiente más alta que presenta esta alternativa es del 3.81% con una longitud de 144 metros. Las curvas verticales en esta alternativa se diseñan con una velocidad de referencia de 20 km/h, teniendo en cuenta la visibilidad que se maneja en esta sección, según el plan maestro de ciclorruta del Instituto de Desarrollo Urbano⁵³, se usa una longitud mínima de curva vertical de 10 metros.

6.3.3 Propuesta ciclorruta sobre separador central Avenida de las Américas entre Carrera 43 y Carrera 30.

Figura 19. Ciclorruta sobre Separador Central en la Av. Américas



Fuente Propia

Luego de haber analizado las tres alternativas de conexión partiendo de la Calle 9 antes de la intersección con Calle 13 y Carrera 50 hasta la carrera 43, se realizó el diseño de un ciclo ruta sobre el separador central, sin embargo, se presenta una curvatura a la altura de la Avenida de las Américas con transversal 39 Bis A, dadas las condiciones, se pretende hacer uso del separador central (zona verde) de la Av. Américas y la Calle 20 costado Sur, para el trazado de la ciclorruta. A la altura de la Transversal 32 c, la Calle 23 no cuenta con una pavimentación, y el uso que se le da a esta calle es mínimo, por consiguiente se dispone usar la misma con un bicarril bidireccional de 3.0 metros de ancho que dan el espacio suficiente de seguridad a los usuarios, teniendo un carril para vehículos motorizados con 3.6 metros de ancho, siendo esta la conexión que se da desde la Transversal 32 c hasta la Carrera 30, donde se cuenta con una ciclorruta ya establecida.

⁵³INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Op.cit., p31

Figura 20. Modelación bici-carril en la calle 23



Fuente Propia

- ✓ **Trazando en planta**
 - Velocidad de referencia 20 km/h
 - Radio mínimo de curvatura 10 metros

En la ciclorruta propuesta en el presente proyecto, se cuenta con una velocidad de referencia de 20 km/h. A la altura de la Transversal 39 Bis A es necesario el uso de un radio de curvatura de 10 metros para la adecuación de la ciclorruta como se representa en la figura 22, la cual cambia de separador central de la Av. Américas al separador que se encuentra entre la Av. Américas y Calle 20 costado Sur. El siguiente radio de curvatura que se usa en esta propuesta es de 10 metros a la altura de la Transversal 32 c para tomar el bici-carril planteado en la Calle 23.

Figura 21. Radio de Curvatura de 10 metros



Fuente: Propia

- ✓ **Trazado en Alzado**
 - Pendiente máxima de 5.52%
 - Longitud de la máxima pendiente 39.0 metros

En esta sección se tuvo en cuenta que, en las intersecciones de la ciclorruta con las vías ya establecidas, se mantenga un mismo nivel de elevación para no afectar el trazado de la ciclorruta.

En este diseño el mayor número de curvas verticales cuentan con un radio de 10 metros, no obstante, la pendiente de 5.52% está ubicada cerca a la intersección con la carrera 40, sin permitir la aceleración de los bici-usuarios por el semáforo que es necesario instalar en este lugar para el paso de ambos corredores. También se puede encontrar una pendiente de 4.32% con longitud de 40 metros, permitiendo una ligera aceleración de los ciclistas a pesar de ello, de nuevo esta velocidad se ve controlada por estar cerca a la intersección con la Transversal 32c donde se establece el paso al bici-carril en la calle 23. Siendo esta ciclorruta establecida para generar velocidades factibles, pero también controlando los incrementos de velocidad con señales verticales para la seguridad de los bici-usuarios.

6.3.4. Señalización

La infraestructura planteada para los ciclistas tiene un factor que es de vital importancia que es la señalización, porque este es el que puede prevenir, advertir o resguardar al usuario por medio de pictogramas. Una buena señalización permite que tanto los actores viales externos a una ciclo-infraestructura y los mismos bici-usuarios tengan respeto y tolerancia en las acciones que quieren ejecutar cada uno.

6.3.2.3.1 Señalización Vertical

Para implementar la señalización vertical en este proyecto se tuvo en cuenta la guía de ciclo-infraestructura⁵⁴, donde se encuentra una amplia galería de señales, para complementar el manual de señalización INVIAS del 2015.

Partiendo de la guía de ciclo-infraestructura se tiene en cuenta las siguientes señales:

Reglamentarias

- SR-01 Pare
- SR-02 Ceda El Paso
- SRC-04 Circulación Prohibida De Mascotas
- SRC-01 Conserve La Derecha
- SRC-03 Circulación no compartida
- SR-23 Circulación Prohibida de motocicletas
- Sr-37 Vía Ciclista

⁵⁴ MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Op.cit., 148

Figura 20. Señales Reglamentarias



Fuente: Guía de Ciclo-infraestructura para Ciudades Colombianas

Preventivas

- SP-59 Ciclistas en la vía
- SP-59A Cruce de Ciclistas
- SP-59B Ubicación de Cruce de Ciclistas
- SPC-01 Vehículos en la vía ciclista
- SPC-02 Descenso fuerte
- SPC-03 Ascenso Fuerte
- SP-37 Túnel
- SP-52 Cruce a Nivel
- SP-52A Cruce Ferroviario a nivel con barreras
- SP-53 Barrera

Figura 22. Señales preventivas



Fuente: Manual de Señalización Vial

6.3.2.3.2 Señales Horizontales

Se tuvo en cuenta las siguientes señales horizontales en el diseño de las propuestas en el presente proyecto.

Líneas de Eje Central: La Guía de Ciclo-infraestructura presenta la siguiente definición: “Estas líneas se utilizan para marcar la separación de los carriles para bicicletas. El ancho mínimo de la línea debe ser 10 cm y pueden ser blancas o amarillas. Son de color blanco cuando separan carriles en un mismo sentido de circulación y de color amarillo cuando indican el eje de una vía para bicicletas con circulación en los dos sentidos⁵⁵.”

⁵⁵ Ibid. P. 153

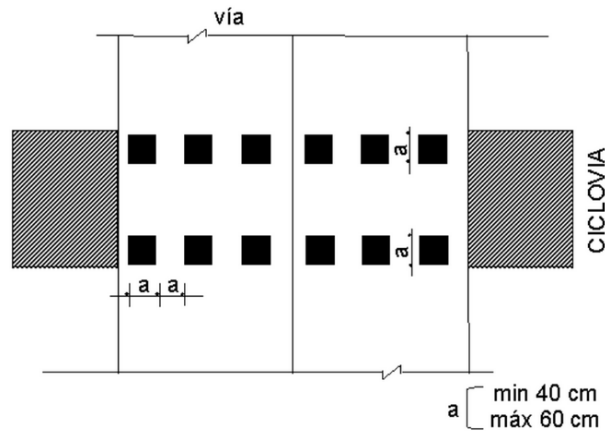
Figura 23. Líneas de Eje Central



Fuente: Propia

En intersecciones para demarcar el pavimento se establece el ancho de cruce con un mínimo de 2.80 metros.

Figura 24. Señal Horizontal de Intersección



Fuente: Plan Maestro de ciclorrutas, Manual de diseño del IDU

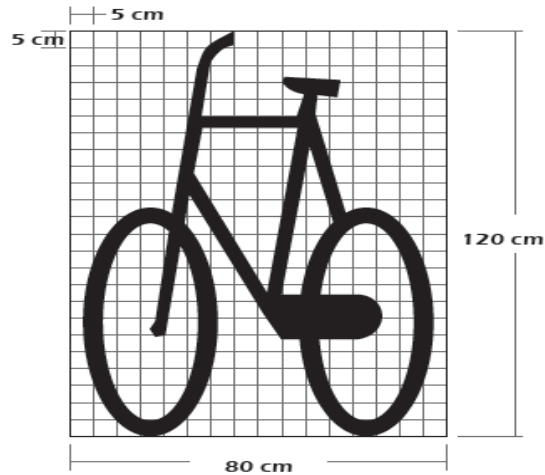
En Ciclorutas

➤ Pictograma de bicicleta

La demarcación de las ciclorrutas se debe complementar con un pictograma de bicicleta de color blanco en el pavimento. El pictograma de la bicicleta sirve para indicar bandas reservadas para ciclistas y los pasos ciclistas. La distribución de

pictogramas debe ser realizada en función de las características particulares del tramo, teniendo como referencia una distancia de 30 m.⁵⁶

Figura 25. Señal Horizontal, Pictograma de Bicicleta

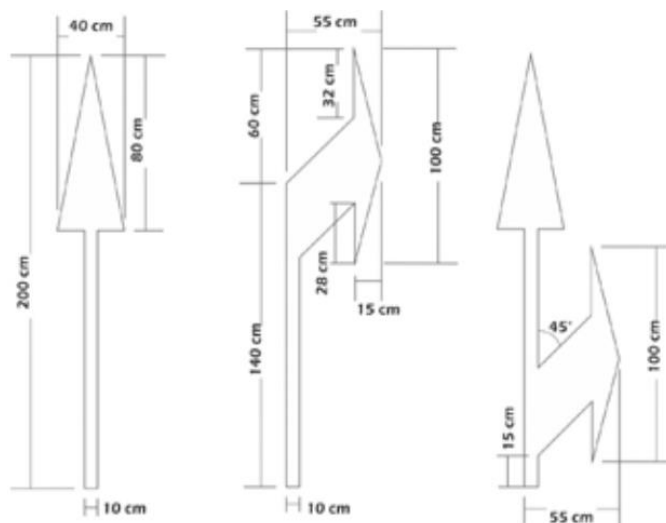


Fuente: Plan Maestro de CicloRutas, IDU

➤ Flechas

Sirven tanto para marcar vías ciclistas unidireccionales como bidireccionales. Indican al ciclista la dirección y sentido que debe seguir cuando transita por una vía para bicicletas. Conviene combinar la flecha con el pictograma de la bicicleta.⁵⁷

Figura 26. Señales Horizontales Flechas



Fuente: Guía de Ciclo-infraestructura

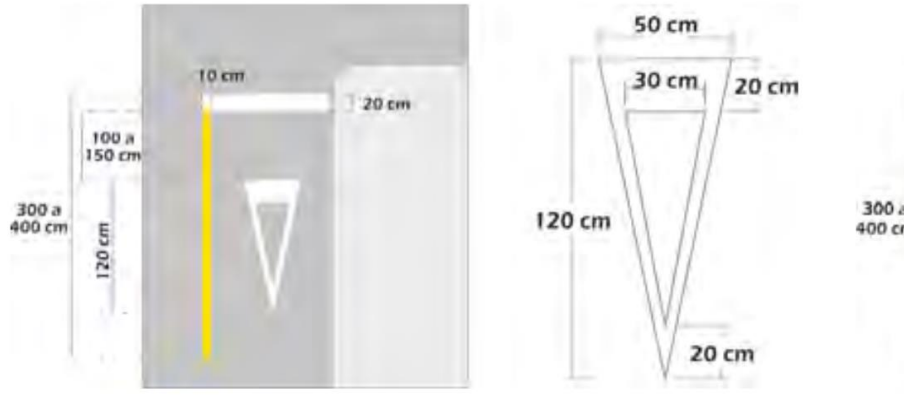
⁵⁶ Ibid. p. 154

⁵⁷ Ibid. p. 154

➤ **Ceda el Paso**

Indica el lugar de detención para cumplir con la parada reglamentaria, sin obligación de detención, antes de incorporarse a otra vía. Se acompaña con la correspondiente señal vertical (SR-02).⁵⁸

Figura 27. Señal Horizontal Ceda el Paso

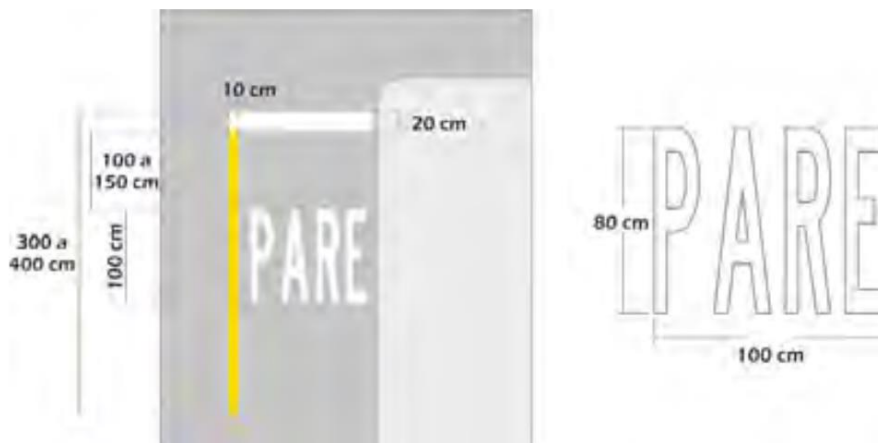


Fuente: Guía de Ciclo-infraestructura

➤ **Pare**

Indica el lugar de detención para cumplir con la parada reglamentaria antes de incorporarse a otra vía. Se acompaña con la correspondiente señal vertical (SR-01).⁵⁹

Figura 28. Señal Horizontal Pare



Fuente: Guía de Ciclo-infraestructura

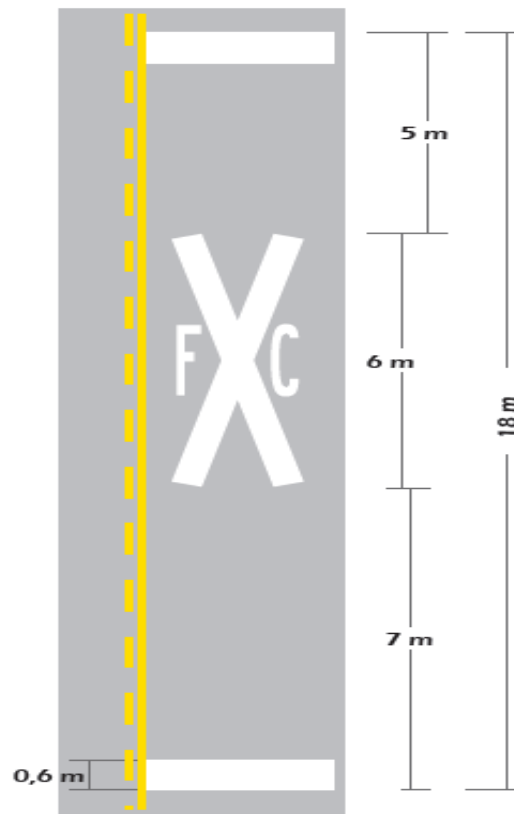
➤ **Cruce Ferrocarril**

⁵⁸Ibid. p. 155

⁵⁹ Ibid. p. 155

Este símbolo se utiliza para advertir a los conductores la proximidad de un cruce ferroviario a nivel, con o sin barreras. Está constituido por una X ubicada entre las letras F y C, su color es blanco y sus dimensiones se detallan en las Figuras 3-56 y 3-57.⁶⁰

Figura 29. Señal Horizontal Cruce Férreo



Fuente: Guía de Cicloinfraestructura

⁶⁰ Ibid. p. 155

6.4 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

Tabla 21. Análisis de Alternativas de Conexión

Ítem a Analizar	ALTERNATIVAS		
	Sobre Separador Central (Carrera 43)	Ciclo-Túnel	Ciclorruta compartida sobre andén (Carrera 50)
Tiempo de Recorrido (min)	4,14	2,94	3,69
Pendiente Max	3,37%	6,01%	3,81%
Infraestructura a construir (m)	480	980	926
Dificultades	Tala de árboles	Excavación bajo las avenidas, costo	Reconstrucción muro del Club Militar
Proyección con Transmilenio	Podría generar conflicto en la conexión teniendo en cuenta los buses biarticulados	Da una conexión directa al separador central de la Av. Américas sin entrar en conflicto con los posibles carriles que usen los buses biarticulados	Podría generar conflicto en la conexión teniendo en cuenta los buses biarticulados

Fuente: Propia

Las alternativas planteadas en este proyecto se deben analizar conforme a su diseño geométrico y posible construcción, por eso es necesario que la alternativa que se tome sea una solución ideal y sin inconvenientes con los demás corredores viales. Comparando las tres alternativas que se establecieron, la que enlaza la calle 13 y la carrera 43 con la Av. Américas (alternativa 1) es la propuesta más factible para utilizar, si bien el tiempo de conexión que tiene es mayor que las otras dos alternativas, se debe tener en cuenta que el trazado a construir es menor, presenta menores dificultades y tiene la menor pendiente para un menor agotamiento en los usuarios, diferente a la alternativa 2 que al ser un paso a desnivel, provocaría un cansancio excesivo en los usuarios.

La Alternativa 3, es una opción tentadora que permitiría una conexión rápida para la av. Américas, sin embargo, esta alternativa presentaría dificultades en su construcción debido a las edificaciones cercanas a la calle 20 costado Norte siendo necesario la compra de distintas construcciones, provocaría también la reducción del paso peatonal si no se adquieren las edificaciones aledañas, lo cual aumentaría el costo de la obra.

La carrera 43 al disponer de un separador central que tiene una longitud transversal alrededor de 10 metros, permite que el espacio que sea usado en la ciclorruta no afecte en ninguna manera a los demás actores viales, sin quitar espacio del paso

peatonal y tampoco carriles de la carrera 43, ya que esta tiene un volumen vehicular alto. Por consiguiente, se puede implementar la alternativa 1 como solución de conexión para los ciclistas que quieren usar la Av. Américas y realizar el enlace al trazado de la ciclorruta que se plantea desde la Carrera 43 hasta la Carrera 30.

6.5 Análisis de Tránsito de la Propuesta Planteada

Luego de haber planteado la propuesta de diseño geométrico de una Ciclorruta que conecte desde la Avenida Américas desde la Carrera 50 hasta la Carrera 30, se continuó con el estudio del tránsito de la Ciclorruta a través del software PTV Vissim, que permite un análisis microscópico del tráfico, reconociendo el comportamiento en las diferentes intersecciones por las que cruza la Ciclorruta diseñada.

Teniendo en cuenta que el software está profundizado para entender el comportamiento de vehículos motorizados, se establecen distintos tipos de niveles de servicio para una autopista, una vía secundaria o terciaria, los que se presentan para la ciclorruta varían por su intersección, y se analizaran a continuación, por medio de las ecuaciones aportadas por el Manual de Capacidad Vial, 2010

$$F_{\text{pass}} = 0.188 (V_{\text{bike-sm}})$$

$$F_{\text{meet}} = 2 (V_{\text{bike-op}})$$

$$F_{\text{total}} = 0.5(F_{\text{meet}}) + F_{\text{pass}}$$

Donde:

- **F_{pass}**: Frecuencia de pasadas en events/h;
- **F_{meet}**: Frecuencia de venidas en events/h;
- **F_{total}**: Total Ponderado de la Frecuencia de Eventos en events/h;
- **V_{bike-sm}**: Volumen de Bicicletas en la misma dirección siendo analizado en bikes/h
- **V_{bike-op}**: Volumen de Bicicletas en la dirección opuesta siendo analizado en bikes/h.

Luego siendo comparado con la tabla mostrada a continuación:

Tabla 22 Niveles de Servicio según la Frecuencia Total de Eventos

Nivel de Servicio	Frecuencia Total de Eventos (events/h)
A	< 90
B	< 140
C	< 210
D	< 300
E	< 375
F	≥ 375

Fuente: Manual de Capacidad Vial, 2010

6.5.1 Intersección Calle 13 con Carrera 43

Se procedió a realizar la modelación de la intersección, con la calzada de Transmilenio, paso peatonal, en la Carrera 43 con Calle 13. Recolectando el tránsito adquirido por la Secretaría de Movilidad de Bogotá, se tomó el tráfico que pasa por cada vía en una hora y teniendo en cuenta el tránsito de bicicletas que se adquirió en campo, se estimó el tráfico que pasaría por esta intersección.

Obteniendo los datos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 23. Análisis de Tránsito en la Intersección Calle 13 con Carrera 43

MOVIMIENTO	Longitud Cola	Longitud Maxima Cola	Nivel De Servicio	Demora vehiculos (s)	Demora personas (s)	Demora Paradas (s)	Paradas (Todas)	Vehículos (Todo)
Cicloruta W-E	0,71	7,09	D	37,44	37,44	30,13	24,08	13
CicloRuta Cra 43 N-S	5,89	25,87	D	39,1	39,1	35,15	0,85	20
CicloRuta Cra 43 S-N	2,95	8,43	D	42,42	42,42	38,2	0,8	15
Calzada TM, E-W	11,02	33,43	A	9,28	9,28	6,92	0,19	54
Calzada TM, W-E	60,05	258,66	C	26,18	26,18	18,47	0,56	61
Calle 13 E-W	13,82	44,35	B	17,76	17,76	14,39	0,36	199
Calle 13 W-E	61,95	110,21	C	33,54	33,54	27,31	0,6	346
Cra 43 N-S	18,84	63,37	D	41,21	41,21	32,67	0,87	76
Cra 43 S-N	11,36	33,48	A	7,76	7,76	6,06	0,44	181

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Habiendo adquirido estos datos, el nivel de servicio que tiene la ciclorruta diseñada presenta un nivel D, que se estima con una densidad de 20 vehículos cada kilómetro por hora sentido Norte Sur y 15 Vehículos cada Kilometro sentido Sur Norte, teniendo en cuenta esto para una ciclorruta. Con estos datos se procede a hacer el cálculo real del nivel de servicio de la ciclorruta en esta sección por medio de las fórmulas dadas por el Manual de Capacidad Vial:

Siendo

$$V_{bike-sm} = 20 \frac{Bici}{h}$$

$$V_{bike-op} = 15 \frac{bici}{h}$$

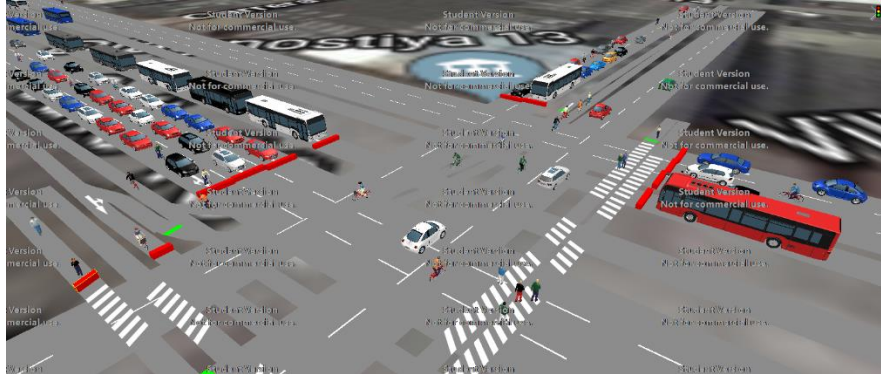
$$F_{pass} = 0.188(V_{bike-sm}) = 0.188 * \left(20 \frac{bici}{h}\right) = 3.76 \frac{events}{h}$$

$$F_{meet} = 2V_{bike-op} = 2 * \left(15 \frac{bici}{h}\right) = 30 \frac{events}{h}$$

$$F_{total} = 0.5(F_{meet}) + F_{pass} = 0.5 * 30 \frac{events}{h} + 3.76 \frac{events}{h} = 18.76 \frac{events}{h}$$

Siendo 18.76 eventos por hora la frecuencia total de eventos en la ciclorruta se compara con la tabla 21 y se puede observar que el nivel de servicio en la ciclorruta diseñada tiene un nivel de servicio A.

Figura 30. Intersección Calle 13 con Carrera 43



Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

En la simulación efectuada se vio el problema que presenta el cruce de la calle 13 a la carrera 43, ya que en el diseño de la ciclorruta se debe realizar un paso secundario para no interceder con la continuación de la ciclorruta en la calle 13. Sin embargo, al analizar la cantidad de paradas, y la tardanza se procedió a ejecutar un análisis de la ruta.

Tabla 24. Tiempo de Viaje en la Ciclorruta diseñada

Carril analizado	Vehículos	Tiempo de viaje (s)	Distancia (m)
Ciclorruta W-E	57	66,38	80
Ciclorruta E-W	59	35,35	80

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

El software Vissim analizó un tramo escogido como lo es la curva que se diseñó de la Calle 13 hacia la carrera 43, teniendo una longitud de 80 metros, y una tardanza de 66 segundos y 35 segundos, la ciclorruta sentido Occidente Oriente y la ciclorruta sentido Oriente Occidente respectivamente, se tiene una velocidad promedio de 6 km/h, no obstante, el tiempo de viaje que muestra el software, es un promedio de lo que cada ciclista tardó en cruzar la calle 13, aunque es un tiempo largo para cruzar, es un lapso con seguridad para que cada ciclista pueda conectar su viaje hacia la Avenida de las Américas.

6.5.2 Intersección Avenida de las Américas con Carrera 43

En este sector se presenta una conexión donde se requiere que los semáforos se coordinen en distintos lugares con diferentes corredores viales. Para esta simulación el semáforo ubicado en la ciclorruta de la carrera 43 está coordinado con el semáforo vehicular de la vía en cuestión, para permitir un cruce seguro sin que aumente la longitud de cola de la ciclorruta. Se tiene un semáforo coordinado con la Avenida de las Américas para cruzar la carrera 43 y así poder tener un lapso prolongado para liberar el corredor vial en distintos puntos.

Se obtuvieron los siguientes datos que dan a conocer que la ruta diseñada tiene un buen nivel de servicio.

Tabla 25. Análisis de Tránsito intersección Av. Américas con Carrera 43

Movimiento	Longitud Cola	Longitud Máxima Cola	Nivel De Servicio	Demora vehículos (s)	Demora personas (s)	Demora Paradas (s)	Paradas (Todas)	Vehículos (Todo)
CicloRuta W-E	1,7	9,5	B	15,95	15,95	12,31	0,7	30
CicloRuta E-W	3,95	10,19	D	35,88	35,88	30,84	1,1	30
Cra 43 S-N	60,43	87	F	93,9	93,9	80,5	1,25	124
Calle 20 W-E	44,11	77,44	B	18,14	18,14	14,77	0,24	29
Calle 20 W-E	44,11	77,44	C	26,01	26,01	20,88	0,37	171
Calle 20 W-E	44,11	77,44	C	32,97	32,97	27,21	0,5	16
Av. Americas W-E	40,72	71,64	C	21,96	21,96	18,62	0,35	234
Av. Americas E-W	56	130,17	C	22,62	22,62	17,3	0,5	422
CII 20 E-W	18,37	99,65	B	18,22	18,22	13,07	0,48	149

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Como se puede observar en la tabla 25, los niveles de servicio en la ciclorruta varían entre B y D, sin embargo se procede a hacer el cálculo real del nivel de servicio de la ciclorruta como lo dispone el Manual de Capacidad Vial.

Siendo

$$V_{bike-sm} = 30 \frac{bici}{h}$$

$$V_{bike-op} = 30 \frac{bici}{h}$$

$$F_{pass} = 0.188(V_{bike-sm}) = 0.188 * \left(30 \frac{bici}{h}\right) = 5.64 \frac{events}{h}$$

$$F_{meet} = 2V_{bike-op} = 2 * \left(30 \frac{bici}{h}\right) = 60 \frac{events}{h}$$

$$F_{total} = 0.5(F_{meet}) + F_{pass} = 0.5 * 60 \frac{events}{h} + 5.64 \frac{events}{h} = 65.64 \frac{events}{h}$$

Obteniendo una Frecuencia Total de Eventos de 65.64 eventos por hora, siendo comparado con la tabla 21, se puede concluir que el nivel de servicio de la ciclorruta tiene un nivel A, lo cual genera un gran flujo vial y aporta la conexión necesaria en la sección.

Tabla 26. Tiempo de Viaje Ciclorruta en Av. Américas con Carrera 43

CARRIL ANALIZADO	VEHÍCULOS	TIEMPO DE VIAJE	DISTANCIA
Ciclorruta W-E	31	29,38	100
Ciclorruta E-W	30	50,02	100

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Se puede observar que el tiempo de viaje varía en gran medida y da a entender que es un lapso muy amplio para poder efectuar una conexión de la avenida de las Américas hasta la altura de la carrera 50, no obstante, es una cantidad de tiempo con la que los usuarios pueden tener seguridad y en el cual no se deben preocupar por los vehículos motorizados que los pueden afectar, por esto, el tiempo de viaje que estipula de la Avenida de las Américas con carrera 43 hasta la carrera 50, con una velocidad constante de 20 Km/h, sin tener en cuenta el puente que deben cruzar los ciclistas, presenta tiempo de viaje de 180 segundos, sin embargo, en el trazado de ciclorruta que se presenta en esta propuesta, tan solo genera una tardanza de 154 segundos más, siendo el tiempo de viaje desde la carrera 43 hasta la carrera 50 tan solo de 5 minutos, en los cuales el usuarios está protegido de los vehículos motorizados, no hay un agotamiento excesivo y tiene comodidad de tránsito en su espacio de acción.

Figura 31. Intersección Av. Américas con Carrera 43



Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

6.5.3 Intersección Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A

En este sector se realizó el análisis de dos intersecciones, las cuales son con la Carrera 40 y la Transversal 39 Bis A, siendo la Carrera 40 la vía que alberga el mayor tránsito, con 1320 vehículos por hora y la Transversal 39 Bis A alberga 911 vehículos por hora, según informes de la Secretaría de Movilidad. Mostrando un alto tráfico que no afecta en gran medida por el cruce que desarrolla la ciclorruta, por esto, los tiempos de luz roja para la ciclorruta hacen que la longitud de cola que se forma en la misma a la altura de la Transversal 39 Bis A sea de 10 metros y un nivel de servicio E, como se puede observar en la tabla 27.

Tabla 27. Análisis de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A

Movimiento	Longitud Cola	Longitud Máxima Cola	Nivel De Servicio	Demora vehículos (s)	Demora personas (s)	Demora Paradas (s)	Paradas (Todas)	Vehículos (Todo)
CicloRuta W-E	0,82	7,79	D	47,95	47,95	41,21	1,59	17
CicloRuta E-W	2,98	10,31	E	67,07	67,07	58,3	2,45	11
Av. Americas W-E	74,05	115,9	E	65,81	65,81	49,55	1,55	283
Calle 20 W-E	24,86	118,61	C	24,68	24,68	12,94	0,66	38
Conexion Cll 20 a Tv 39 Bis A	24,86	118,61	C	23,4	23,4	13,69	0,7	137
Transversal 39 Bis A S-N	23,2	67,89	D	54,63	54,63	36,21	1,94	117
Calle 20 E-W	12,83	66,89	C	28,04	28,04	15,43	0,93	126
Av. Americas E-W	95,22	171,4	E	79,59	79,59	50,69	3,12	329
Carrera 40 conexión a Av. Americas	44,07	69,3	F	102,25	102,25	74,06	2,2	66
Carrera 40 Conexión a Calle 20	44,07	69,3	F	100,96	100,96	74,68	2,58	12
Conexion Cll 20 a Tv 39 Bis A	44,07	69,3	F	93,79	93,79	69,47	2,02	40

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Obteniendo un nivel de servicio D y E en la Ciclorruta sentido Occidente Oriente y sentido Oriente Occidente respectivamente, se procede a hacer el cálculo real del nivel de servicio de la ciclorruta en esta sección, como se muestra a continuación:

Siendo

$$V_{bike-sm} = 17 \frac{Bici}{h}$$

$$V_{bike-op} = 11 \frac{bici}{h}$$

$$F_{pass} = 0.188(V_{bike-sm}) = 0.188 * \left(17 \frac{bici}{h}\right) = 3.196 \frac{events}{h}$$

$$F_{meet} = 2V_{bike-op} = 2 * \left(11 \frac{bici}{h}\right) = 22 \frac{events}{h}$$

$$F_{total} = 0.5(F_{meet}) + F_{pass} = 0.5 * 22 \frac{events}{h} + 3.196 \frac{events}{h} = 14.196 \frac{events}{h}$$

Con un resultado de 14.196 eventos por hora, se puede demostrar que el nivel de servicio aplicado en la Ciclorruta tiene un nivel de A, distinto a como lo muestra el software, logrando que esta ciclorruta esté en óptimas condiciones de diseño para servir de conexión para los usuarios de la misma.

Figura 32. Intersección Av. Américas con Transversal 39 Bis A



Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Si bien la cantidad de vehículos que cruzan la ciclorruta es bajo, se puede observar que el tiempo de viaje máximo es de 117 segundos, y comparando la tabla anterior, se puede ver que el tiempo de paradas es de 58 segundos, siendo este lapso el que tarda cada ciclista en esperar la luz verde en ambos cruces, tanto en la Carrera 40 y en la Transversal 39 Bis A sin embargo, hay que tener en cuenta que la zona de estudio es muy amplia, provocando que la demora que se muestra en la tabla sea de un minuto, que equivale a la tardanza de los semáforos, a pesar de ello se requiere analizar el tiempo de viaje de la ciclorruta desde antes de cruzar la Transversal 39 Bis A hasta después de cruzar la carrera 40, como se muestra a continuación.

Tabla 28. Tiempo de viaje Ciclorruta desde la Carrera 40 hasta la Transversal 39 Bis A

Carril analizado	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia
Ciclorruta W-E	17	95,29	320
Ciclorruta E-W	11	117,6	320

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Con los datos obtenidos de la Tabla 28, se puede analizar que la velocidad de los usuarios es alrededor de 10 Km/h, siendo óptimo este valor para el trazado que se diseña, ya que la velocidad con la cual está realizada la ciclorruta es de 12 Km/h, permitiendo un flujo continuo en el que los usuarios pueden transitar por la vía con seguridad y comodidad.

6.5.4 Intersección Av. Américas con Carrera 36 y Desvío Ciclorruta a bicicarril

En esta sección de la modelación se analizaron dos movimientos que es el cruce de la ciclorruta por la carrera 36, la cual tiene un tráfico muy bajo, el cual es de 546 vehículos por hora según la secretaría de movilidad, permitiendo que el flujo de bicicletas sea coordinado con la Av. Américas, sin embargo a la altura de la Transversal 32 c, al realizar un cambio en el diseño de ser una ciclorruta segregada a un bicicarril, se pudo observar que el funcionamiento de la vía es óptimo, sin presentar ningún inconveniente, ya que la Transversal 32 c es un tramo vial de bajo volumen vehicular, dando así la oportunidad de no implementar un semáforo sino que se requiere el uso de señales verticales para que el orden en esta intersección sea el mejor.



Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Se obtuvo en el análisis dado por el software, que la ciclorruta en esta sección tiene un nivel de servicio A y B, teniendo una densidad de 66 y 72 vehículos por kilómetro en cada carril respectivamente, logrando que el flujo desde la Carrera 30 hasta después de la carrera 36 sea rápido y seguro. Como se puede observar el tiempo de paradas es de alrededor de 7 segundos y 4 segundos, sentido Occidente oriente y Oriente Occidente respectivamente, consiguiendo un tiempo corto resaltando que las paradas que se generan son en promedio menos de 1 por usuario, como se puede analizar en la tabla 29.

Tabla 29. Análisis de tránsito de Av. Américas con Carrera 36 y bicicarril

Movimiento	Longitud Cola	Longitud Máxima Cola	Nivel De Servicio	Demora vehículos (s)	Demora personas (s)	Demora Paradas (s)	Paradas (Todas)	Vehículos por hora
CicloRuta W-E	2,77	14,78	B	10,92	10,92	7,12	0,85	72
CicloRuta E-W	1,69	14,82	A	7,64	7,64	4,49	0,36	66
Av. Americas W-E	2,43	53,57	C	23,26	23,26	8,17	0,86	209
Av. Americas W-E a Calle 23 con bicicarril	81,03	249,95	E	77,7	77,7	25,25	5,02	51
Av. Americas E-W	11,7	59,12	B	19,21	19,21	7,22	0,84	179
Cruce Av. Americas E-W a Calle 23 E-W	13,29	52,85	C	25,76	25,76	10,75	1,27	95
Cruce Calle 23 W-E a Av. Americas W-E	6,03	36,38	E	70,52	70,52	35,71	4,33	6
Cruce Calle 23 W-E a Carrera 36 N-S	6,03	36,38	B	11,89	11,89	7,52	0,44	39
Calle 23 W-E a Calle 23 con Bicicarril	6,03	36,38	A					0
Carrera 36 S-N	19,76	99,76	D	38,15	38,15	28,1	0,83	81
Carrera 36 N-S	12,9	36,48	C	27,17	27,17	23,12	0,42	71
Cruce Transversal 32 c S-N a Av. Americas W-E	23,15	51,6	D	43,86	43,86	15,29	3,16	19

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Después de haber analizado los datos obtenidos por el software Vissim, se procede a calcular el verdadero nivel de servicio de la ciclorruta en esta sección. Como se muestra en los siguientes cálculos:

Donde,

$$V_{bike-sm} = 72 \frac{Bici}{h}$$

$$V_{bike-op} = 66 \frac{bici}{h}$$

$$F_{pass} = 0.188(V_{bike-sm}) = 0.188 * \left(72 \frac{bici}{h}\right) = 13.536 \frac{events}{h}$$

$$F_{meet} = 2V_{bicycle-op} = 2 * \left(66 \frac{bici}{h}\right) = 132 \frac{events}{h}$$

$$F_{total} = 0.5(F_{meet}) + F_{pass} = 0.5 * 132 \frac{events}{h} + 13.536 \frac{events}{h} = 79.536 \frac{events}{h}$$

Siendo la Frecuencia Total de Eventos de 79.536 eventos por hora, se puede establecer que el nivel de servicio, en la sección que se toma desde la Carrera 36 hasta la Carrera 30 contando con el bicicarril, se encuentra en estado A, ya que es menor de 90 eventos por hora, como lo establece el Manual de Capacidad Vial.

Figura 34. Cruce de Ciclorruta a bici-carril en la Transversal 32c



Fuente Propia

También se tomó en consideración el tiempo de viaje que puede crear este tramo vial, realizando el recorrido desde la Carrera 30 hasta la Carrera 36, se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 30. Tiempo de Viaje en la ciclorruta desde la Carrera 36 hasta la Carrera 30

Carril analizado	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia
Ciclorruta W-E	72	154,39	880
Ciclorruta E-W	67	149,14	880

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Como se puede observar el recorrido que se hizo, permite tener una velocidad óptima en la sección diseñada, logrando que este sector mantenga un flujo ideal, ya que, al usar una calle poco concurrida, el uso de esta da una libertad de manejo a los ciclistas y una conexión segura hasta la carrera 30.

En la intersección de la carrera 36 es necesario tener en cuenta el cruce del ferrocarril, si bien no se analizó este paso en el software Vissim, se estipuló que la semaforización en la ciclorruta a esta altura sea coordinado con la Av. Américas para salvaguardar la vida de los ciclistas, ya que es primordial que cuando haya un cruce de tren, los usuarios se detengan como sucede en la Calle 26, donde su ciclorruta se encuentra a nivel con las vías férreas y se debe detener para que cruce el convoy.

6.5.5 Comparación de tiempos de viaje en la condición actual de la zona de estudio y la solución planteada

Luego de haber detallado el comportamiento del tránsito en la Av. Américas con ciclorruta, se estableció hacer un comparativo de los tiempos de viaje que se efectúan cuando la zona de estudio tiene ciclorruta y en su condición actual, verificando la viabilidad de una conexión en este sector.

- **Intersección Av. Américas con Carrera 43**

Tabla 31. Comparación de Tránsito en la Av. Américas con Carrera 43

TRÁNSITO EN SU CONDICIÓN ACTUAL				TRÁNSITO CON EL DISEÑO DE LA CICLORRUTA		
Carril analizado	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia
Av. Américas W-E	276	70,15	230	407	39,7	230
Calle 20 W-E	162	52,53	230	187	41,26	230
Av. Américas E-W	306	74,87	230	394	45,9	230
Calle 20 E-W	162	49,96	230	147	38,29	230

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

Como se puede observar, el flujo de vehículos que transcurren por este sector ha aumentado cuando se implementa la ciclorruta, logrando una disminución en los tiempos de viaje como sucede en la Av. Américas en la cual su lapso es más corto por 30 segundos, sin embargo, en la calle 20, el cambio de tiempo no es significativo porque la mayoría de los ciclistas que transitan es por la Av. Américas según sea su sentido. De igual manera se puede notar que el uso de una ciclorruta en esta zona produciría una mejor movilidad y un flujo ideal de vehículos.

- **Intersección Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A**

Tabla 32. Comparación Av. Américas con Carrera 40 y Transversal 39 Bis A

TRÁNSITO EN SU CONDICIÓN ACTUAL				TRÁNSITO CON EL DISEÑO DE LA CICLORRUTA		
Carril analizado	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia
Av. Américas W-E	237	127,39	340	184	83,09	340
Calle 20 E-W	118	99,8	340	105	137,77	340
Av. Américas E-W	282	90,47	340	305	62,22	340
Calle 20 W-E	42	77,71	340	34	81,18	340

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

En la anterior tabla se puede notar que la segregación de bicicletas a través de una ciclorruta permite una depreciación de tiempo usado en el viaje de cada vehículo, siendo en el corredor de la Av. Américas sentido Occidente Oriente el que más se ve beneficiado en su movilidad al no tener bicicletas en su recorrido. También se debe resaltar el aumento que se establece en la calle 20, si bien esta vía no presenta un alto flujo de bicicletas, el uso de un semáforo extra y tener el paso primordial las bicicletas en la intersección de la ciclorruta en la Carrera 40 y la Transversal 39 Bis A, generan un embotellamiento de alrededor de 10 segundos en cada vía, provocando que se vea afectada la calle 20 como se establece en la tabla. Sin embargo, el uso de una ciclorruta en esta sección traería más beneficios para el sector, por su compensación de movilidad en la Av. Américas, donde gran cantidad de los vehículos que vienen de la Carrera 40, se dirigen hacia el Oriente de la ciudad por medio de esta vía.

- **Intersección Av. Américas con Carrera 36**

En este sector se vio un aumento del flujo vehicular como en la intersección de la Carrera 43, debido a la optimización de la movilidad en la Av. Américas, siendo de nuevo el sentido Occidente Oriente el más beneficiado por la implementación de una ciclorruta, con una disminución de 58,9 segundos en el tiempo de viaje que se establece, logrando un incremento en el número de vehículos que atraviesan este corredor. No obstante, en la Calle 23 sentido Occidente Oriente se puede reconocer un aumento en el tiempo de viaje y el número de vehículos que atraviesan este tramo, sin embargo, el flujo actual de la calle es mínimo debido a su estado, y al realizar la modelación se estableció el aumento de tránsito en una baja cantidad ya que el mayor número de vehículos que usan la calle se dirigen a la Av. Américas. A pesar de ello, el uso de esta calle con un bici-carril sería factible, mejorando las condiciones de la calzada. Por esto, se infiere que el aumento de 30 segundos no

perjudica en gran medida la conexión de esta calle, sino que provocaría una conexión rápida y disminuiría posiblemente los vehículos que deben tomar la Av. Américas para poder dirigirse a la carrera 30.

Tabla 33. Comparación del Tránsito en la Av. Américas con Carrera 36

TRÁNSITO EN SU CONDICIÓN ACTUAL				TRÁNSITO CON EL DISEÑO DE LA CICLORRUTA		
Carril analizado	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia	Vehículos	Tiempo de viaje	Distancia
Calle 23 E-W	72	78,69	780	72	67,8	780
Av. Américas E-W	143	116,3	812,3	182	80,7	811,250204
Av. Américas W-E	189	158,94	810	219	90,6	810
Calle 23 W-E	16	57,46	690	26	81,9	690

Fuente Propia Según datos obtenidos a través del Software Vissim

7. CONCLUSIONES

El diseño geométrico de la ciclorruta planteado conecta la Avenida de las Américas con Carrera 50 hasta las Carrera 30, se trazó teniendo en cuenta las condiciones actuales de movilidad en el sector, segregando a los bici-usuarios de los vehículos motorizados con un tiempo de recorrido de alrededor de 10 minutos, una longitud de 3100 m y sección transversal de 3.00 m.

Dada la importancia de ese medio de transporte se precisa diseñar una infraestructura, la cual permita a estos usuarios contar con los espacios para su movilización, teniendo como principal objetivo la seguridad. Minimizando la cantidad de accidentes viales cuya participación de los bici-usuarios es recurrente. Este diseño más allá de generar una conexión con las ciclorrutas existentes ha sido concebido para ser parte integral de otros diseños proyectados en la zona para otros medios de transporte como Transmilenio y el Regiotram.

Se propone en el diseño definitivo de la ciclorruta el desvió así: Av. Américas - la Calle 13 hasta la Carrera 43 – Av. Américas estimulando el uso de otras zonas cuyo tránsito es mínimo y logrando que el flujo vehicular de bici-usuarios sea rápido y seguro.

Se consideró en el diseño planteado de la ciclorruta la implementación de un bici-carril a la altura de la Transversal 32 c y que no afecta el tránsito vehicular.

Finalmente se concluye que la conectividad de la ciclorruta faltante en la Av. Américas entre la carrera 30 y carrera 50 se puede solucionar con una ciclorruta que se diseñó conforme a la topografía y a las condiciones de la zona de estudio.

El diseño generado podría aportar una solución tanto a la conexión como a la seguridad de más de 1000 ciclistas que actualmente hace uso de este corredor vial y los atraídos, fomentando el uso de la misma y reduciendo los índices de contaminación que tiene la ciudad de Bogotá.

8. RECOMENDACIONES

Para el óptimo desarrollo de la propuesta planteada en el presente trabajo, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- En la Carrera 43, el trazado de la ciclorruta sobre separador central, se debe tener permiso y el trato correcto de los árboles que hay en esta sección, ya que se precisa tener el permiso de las autoridades ambientales para poder generar el diseño sobre la carretera en mención.
- En la alternativa de un ciclo-túnel, no se tuvo en cuenta la existencia de tubería para manejo de la red pluvial o de alcantarillado, tampoco se tuvo en cuenta las redes eléctricas o de gas que puedan transcurrir por el tramo en cuestión.
- En la sección de la Avenida de las Américas donde cruza la vía férrea, se establece el paso a nivel de la ciclorruta, ya que en la modelación no se demuestra la correcta sección, se tiene en cuenta el paso de la ciclorruta como sucede en la Calle 26, donde su rasante está a la misma altura del ferrocarril. Como se observa en la figura.

Figura 35. Ciclorruta sobre Ferrocarril en la Calle 26



Fuente: Google Maps, <https://www.google.com/maps/>

- En el diseño del bici-carril sobre la Calle 23 a la altura de la Transversal 32c, no se tuvo en cuenta un estudio de suelos que pueda mostrar los daños que tenga esta calle ni las posibles afecciones que pueda generar el diseño geométrico planteado.
- Planteado este diseño, se debe recomendar un mejor control a la semaforización ya que en este trabajo, no se usó un sistema de semaforización dado por el distrito, sin embargo, se realizó para darle prioridad a los vehículos motorizados por su volumen tan alto de tránsito. Por eso, se debe incorporar un sistema de semaforización que sea ideal con la zona de estudio y no genere afectaciones a los diferentes corredores viales.
- El uso de la metodología BIM para la formulación de proyectos de este tipo, debe ser implementado en futuros estudios, comprender las dinámicas que la tecnología trae consigo y sobre todo adaptar los procesos ingenieriles en el país con dichas metodologías le permite presentar un avance significativo.

- Teniendo en cuenta que Transmilenio S.A tiene proyectado la ampliación de la calzada de las Américas, la cual pretende generar una conexión entre esta troncal con las troncales Calle 26 y Avenida NQS, se realizó un diseño el cual se acomode a las características de las estaciones y el cual no interrumpa el tránsito de los buses del sistema por la zona.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ACERO, Anyela Yised Y ROBAYO, Juan Sebastián. Análisis de los parámetros para la implementación de ciclorutas a nivel de calzada en la red vial urbana de Bogotá D.C. Trabajo de grado Ingeniería civil. Bogotá D.C.: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería civil, 2015. p.71
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Plan Maestro de CicloRutas. Manual de Diseño. Bogotá D.C. Instituto de Desarrollo Urbano. 1999. P. 14
- ALCALDÍA DE BOGOTÁ D.C. Plan Bici. Secretaria Distrital de Movilidad. [En línea]. [12 de octubre del 2018]. Disponible en: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/plan_bici
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Ciclo Inclusión en América Latina y el Caribe. México. Banco Interamericano de Desarrollo. 2015
- CALDERON, Freddy Giovanni. Diseño geométrico de una red vial de CicloRuta en la localidad de suba- Bogotá D.C la cual permita establecer una interconectividad vial desde la av. calle 145 # 118 hasta la calle 130-a # 154. Trabajo de grado Ingeniero topográfico. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de medio ambiente y recursos naturales, 2015. 73 P.
- CASABIANCA, Luis Miguel. Movilidad urbana: estado y caracterización de la movilidad en bicicleta para las principales ciclorutas de las localidades de Usaquén y chapinero. Trabajo de grado Ecólogo Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2012. 150 p.
- CASTILLO MEJIA, Álvaro Mauricio. Dinámica de la construcción por usos. Localidad Puente Aranda (2002/2012). Bogotá D.C., 2012, {En Línea} {febrero 2019} p. 2.
- CASTILLO MEJIA, Álvaro Mauricio. Dinámica de la construcción por usos. Localidad Teusaquillo (2002/2012). Bogotá D.C., 2013, {En Línea} {febrero 2019} p. 2.
- CERQUERA ESCOBAR, Flor Ángela. Capacidades y niveles de servicio de la infraestructura vial. Colombia, Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2007. [Consultado: 12 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1222/1/RED-1.pdf>
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1083. (31, Julio, 2006). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2006. No. 46.346
- COLOMBIA. MINISTERIO DE INTERIOR Y JUSTICIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 798. (11, marzo, 2010). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010. No. 47.648
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (19, mayo, 2005). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2005. No. 45913

- COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE PÚBLICO. Política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros. Conpes 3167. Bogotá D.C., 23 de mayo de 2002.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE PÚBLICO. Ley 769. (13, septiembre, 2002). Código Nacional de Tránsito Terrestre. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2002. No. 44.932
- Departamento Nacional de Planeación, Bases del Plan Nacional de Desarrollo. 2018-2022. "Pacto por Colombia, Pacto por la equidad". {En Línea} {febrero 2019} p. 511
- DIAZ, Andrés y VELANDIA, Laura. Propuesta de Ciclorred Vial para el Municipio de Ubaté-Cundinamarca. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá D.C. Universidad La Gran Colombia. 2017, p128
- DIRECCION NACIONAL DE VIABILIDAD. Nivel de servicio en la red nacional de caminos. [en línea]. [Consultado: 12 de marzo de 2019]. Disponible en: http://transito.vialidad.gov.ar:8080/web_ns/metodologia.jsp
- INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES. Cifras preliminares de lesiones en Colombia. Bogotá D.C. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. 2017
- Kirner Janice. Proposta de um Método para a Definição de Rotas Cicláveis em Áreas Urbanas. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pos-Graduação Em Engenharia Urbana. 2006, p110.
- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Visor de Proyectos. [citado el 01 de mayo del 2018]. Disponible en: http://opendata.idu.gov.co/visor_proyectos/
- INSTITUTO DISTRITAL DE GESTION DEL RIESGO. Caracterización de Escenarios de Riesgo, Localidad de Puente Aranda. Bogotá D.C., marzo 2018, {En Línea} {febrero 2019} p. 3.
- INSTITUTO DISTRITAL DE GESTION DEL RIESGO. Caracterización de Escenarios de Riesgo, Localidad de Teusaquillo. Bogotá D.C., marzo 2018, {En Línea} {febrero 2019} p. 4
- MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, "Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas" {En línea} {agosto 2016} (C. Pardo & A. Sanz, Eds.). p.29.
- SECRETARIA DISTRITAL DE MOVILIDAD. Secretaría de Movilidad dispuso medidas para reducir congestión en horas pico en tramo de Avenida de Las Américas. [Citado el 01 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://movilidadbogota.gov.co/web/node/2077>
- Schepers, P., Twisk, D., Fishman, E., Fyhri, A. & Jensen, A. The Dutch Road to a High Level of Cycling Safety. Rajswijk. Ministerio de Infraestructura y Medio Ambiente de Holanda. 2015, p. 271

10. Anexos