

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA  
DE CIRCULACIÓN NECESARIA PARA UN SISTEMA DE BICICLETAS  
PÚBLICAS EN EL SECTOR CERCAÑO A LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE  
SANTANDER, SEDES DE BUCARAMANGA**

**FRANCY LORENA MARTINEZ BECERRA**

**2093019**

**XIMENA ALEXANDRA PEÑA RICO**

**20835312**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE FÍSICOMECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2015**

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA  
DE CIRCULACIÓN NECESARIA PARA UN SISTEMA DE BICICLETAS  
PÚBLICAS EN EL SECTOR CERCAÑO A LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE  
SANTANDER, SEDES DE BUCARAMANGA**

**FRANCY LORENA MARTINEZ BECERRA**

**2093019**

**XIMENA ALEXANDRA PEÑA RICO**

**20835312**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniería Civil**

**Director**

**YERLY FABIÁN MARTÍNEZ ESTUPIÑÁN**

**Magíster en Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE FÍSICOMECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2015**

## DEDICATORIA

Estar preparado es importante, saber esperar lo es aún más, pero aprovechar el momento adecuado es la clave de la vida. Hoy termino un etapa en mi vida, un camino que inicie hace algunos años y al mirar a atrás son muchos recuerdos pero sobre todo muchas las personas que han estado a mi lado y a las cuales les tengo que agradecer, pero primero que todo quiero darle gracias a Dios por la vida que me dio llena de felicidad y amor, en la cual cada día me siento una persona bendecida, porque a pesar de todo nunca me abandono.

A mi madre Francisca Becerra por su amor, sus consejos y total apoyo en cada momentos de mi vida , esta meta lograda se la debo a ella , gracias por ser esa hermosa persona que me enseñado a vivir la vida ,no hay palabras en este mundo para agradecerte y para decirte lo mucho que te quiero.

A mi padre Raul Martinez Morales por instruirme cada día una gran formacion como mujer , por enseñarme a no tener miedo a enfrentarme a mundo y los retos que se me presenten, por inculcarme el valor del trabajo y que la familia esta por encima de todo.

A mis hermanos Edison, Cristian y Sebastián, por ser la fuerza que me impulsa a salir adelante , porque en ellos encuentro la motivacion para ser una mejor persona espero nunca defraudarlos , a mi sobrina Valeria Marinez , porque es la regalo que siempre estuve esperando y que al fin a llegado .

A mis abuela Maria Ines Sosa, quien me mostro cariño desde que nací y que me ha enseñado que para lograr algo en vida ahí que persevera .

A mis hermanas no de sangre sino de corazón: Yenny Larrota , Alejandra Díaz y Neira Orozco de quienes siempre tuve una palabra de aliento en mometos dificiles y una sonrisa en los mejores momentos porque son parte fundamental de mi vida y mias amigas del alma: Ximena Peña, Blanca Díaz, Tatiana Chacón, Karina Chacón, Tatiana Angarita, Rocío Reyes

Anggie Gil, Leidy Luna, Andrea Serrano, porque vivir con ustedes y haberlas conocido a sido la mejor experiencia del mundo porque se robaron mi corazon y porque las quiero mucho sencillamente por eso. A una persona que siempre estuvo conmigo y que me aguanto mi mal genio y mis caprichos pero sobre todo porque me dio la mano cuando mas lo necesitaba.

A todos los que contribuyeron en este proceso a mis profesores y mis compañeros muchisimas gracias, Dios los bendiga

*Francy Lorena Martinez Becerra*

## DEDICATORIA

Aunque son muchas las personas a las que me gustaría agradecer su apoyo, compañía y ánimo incondicional en cada paso de mi vida, algunas están aquí conmigo y otras están en el recuerdo, donde se encuentren quiero darles las gracias por confiar en mí, en mis capacidades y por formar parte de mi vida.

A Dios por permitirme culminar una etapa más en mi vida, por darme la voluntad y el empeño que en ocasiones se hacía escaso, por darme una familia y unos amigos maravillosos, que ante los obstáculos y las limitaciones siempre son mi apoyo incondicional.

A mi mami, por ser valiente ante las pruebas que se presentan, porque no tuviste miedo en el momento en que las dificultades te convirtieron en padre también y tomaste la mejor decisión, salir adelante, por ser luchadora, constante, amorosa, porque gracias a ti día a día puedo alcanzar un logro más y sobretodo gracias por creer en mí.

A mi abuelito Ulpiano (Q.E.P.D) y a mi abuelita Elvira, por formar una maravillosa familia, por abrigarme, brindarme su amor puro e incondicional, por ser mi apoyo, mi motor y siempre ser mi el aliento ante las adversidades.

Papi, este es un logro que quiero compartir contigo, porque aunque la vida presento pruebas difíciles sin reparos las pudiste superar por amor a nosotros, gracias por apoyarme y siempre creer en mí.

A mis hermanitos Daniel, Rafael y Tatiana, porque son mi soporte y mis ganas para luchar, son quienes me dan ánimo para seguir adelante y porque de cada uno de diferente forma he aprendido el valor de la vida y de la familia.

A Otoniel, Wilson, Laureano, Alexander, Cesar, Mireya, Dilma, Virginia, Miriam y Leticia, gracias por su constante apoyo, amor y porque siempre, aunque lejos, han estado a mi lado, los quiero mucho.

A mis primos Jenny, Andrés Felipe, María Paula, Julián Camilo, Luis Alejandro, María Elvira y Miguel Ángel, por ser quienes con sus locuras iluminan mi vida.

A Nel, gracias por tu apoyo incondicional, tu afecto y por brindarme aliento constantemente para salir adelante.

Isabel Cristina, mi amiga incondicional, gracias por acompañarme, brindarme tu apoyo y sobretodo por abrirme las puertas de tu casa y permitir que hiciera parte de tu familia, gracias porque aunque el camino se hizo largo, logramos alcanzar nuestros objetivos.

A Oscar Mauricio, mi compañero fiel, gracias por tu constante compañía, por siempre darme ánimo, por las noches de desvelo y preocupaciones que te hice pasar, gracias por ser quien me alentaba para seguir persistiendo y no desfallecer.

A todos mis amigos sin excluir a ninguno, pero en especial a Elizabeth, Tania, Cindy, Alejandra, Jorge Pita, Mónica Rangel, Jhon Pinzón, Albert, Mónica Gordillo, Yenny, Jelver, Maira Cabrales, Ana Milena, Chelys, Diana Ramírez, Claudia Pacheco, gracias por el tiempo que hemos compartido, por hacer parte de mí, por guiarme en cualquier momento, porque de ustedes he aprendido, en realidad son especiales para mí.

A Lorena porque más que ser mi compañera de tesis, eres mi compañera de triunfos y alegrías, mi amiga, gracias porque sin tu perseverancia esto no hubiese sido posible, gracias por tu paciencia, entendimiento y complicidad.

Ximena Alexandra Peña Rico

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. JUSTIFICACIÓN	19
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. METODOLOGÍA	22
4. NORMATIVA NACIONAL	24
4.1 COMPONENTES DINÁMICOS	24
4.1.1 Ciclousuario	24
4.1.2 Tipología del Vehículo	26
4.2 COMPONENTE ESTÁTICO	27
4.2.1 Red y Demanda	27
4.2.2 Requisitos de red	28
4.2.3 Rutas Directas	28
4.2.4 Seguridad	29
4.2.5 Comodidad	30
4.2.6 Estudio de Demanda	31
4.2.7 Distribución moral	32
4.3 VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y DE DISEÑO	32
4.4 PENDIENTES Y SOBREANCHOS	33
4.5 TIPOLOGÍA DE DISEÑO DE CICLORRUTAS	34
4.6 ASPECTO DE SUPREFICIE DE RODAMIENTO	35
5. NORMATIVA NACIONAL PARA CICLISTAS	40
6. NORMATIVA INTERNACIONAL	46
6.1 LIMA	46
6.1.1 Diseño Geométrico	46
6.1.2 Dimensionamiento básico de las ciclovías	46

6.1.3 Velocidad de diseño	49
6.1.4 Radios de Volteo	49
6.1.5 Sobreanchos de Ciclovías	50
6.1.6 Peralte	50
6.1.7 Perfil Longitudinal	50
6.1.8 Distancia de visibilidad	51
6.1.9 Diseño de intersecciones	51
6.1.10 Pavimentos	52
6.1.10.1 Consideraciones Generales	52
6.1.10.2 Estructura del pavimento	53
6.1.10.3 Color del pavimento y acabados	54
6.1.11 Reductores de velocidad	54
6.1.12 Señalización	56
6.1.13 Diseño urbano y paisajismo	56
6.1.14 Estacionamiento	57
6.2 CHILE	57
6.3 MÉXICO	58
6.4 ESPAÑA	60
7. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA PLANTEADA EN EL AÑO 2013	62
7.1 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	64
8. PLANTEAMIENTO DEL CIRCUITO ALTERNO	69
8.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO ALTERNO PROPUESTO	70
8.2 RAMPAS Y CRUCES	77
9. PROCESO DE MICROSIMULACIÓN	79
9.1 ANALISIS DE RESULTADOS	79
10. CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	86

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Dimensiones ocupación de espacio del ciclo-usuario	25
Tabla 2. Velocidad de diseño en pendientes	33
Tabla 3. Pendientes máximas por distancia	34
Tabla 4. Sobreancho de vía en pendientes	34
Tabla 5. Velocidad de Diseño en Función de la Pendiente	49
Tabla 6. Relación de velocidad- Radio	50
Tabla 7. Sobreanchos de ciclovía por pendiente	50
Tabla 8. Sobreanchos de Ciclovías por Radios de Curvatura	50
Tabla 9. Condiciones del agregado	53

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ciclousuario	25
Figura 2. Tipos de Señalización	43
Figura 3. Dimensiones de una bicicleta convencional	47
Figura 4. Dimensiones de los espacios del ciclousuario	47
Figura 5. Distancia entre ciclousuario (espacio de comodidad)	48
Figura 6. Vendedores ambulantes presentes en el tramo correspondiente a la carrera 27 entre calles 9 y 10	65
Figura 7. Árboles presentes en el tramo correspondiente a la calle 9 entre carreras 27 y 26A.	66
Figura 8. Paraderos de metrolínea presentes en el tramo correspondiente a la carrera 27 entre calles 15 y 16	66
Figura 9. Rampas correspondientes a los parqueaderos residenciales ubicados en el tramo correspondiente a la carrera 27 entre calles 11 y 12	67
Figura 10. Parqueadero de institución ubicado en el tramo correspondiente a la calle 9 entre carreras 27 y 25	67
Figura 11. Poste ubicado en el tramo de la carrera 25 entre calles 7 y 9.	68
Figura 12. Corredores para el sistema de Bicicletas Publicas.	69
Figura 13. Perfil de la sección transversal de los tramos 1 y 2-1, tomado de AutoCAD	70
Figura 14. Perfil de la sección transversal de los tramos 2-2 y 3, tomado de AutoCAD	71
Figura 15. Perfil de la sección transversal del tramo 4, tomado de AutoCAD.	72
Figura 16. Perfil de la sección transversal de los tramos 5 y 6, tomado de AutoCAD	72
Figura 17. Perfil de la sección transversal del tramo 7, tomado de AutoCAD	73
Figura 18. Perfil de la sección transversal del tramo 8, tomado de AutoCAD	73
Figura 19. Perfil de la sección transversal del tramo 9, tomado de AutoCAD.	74

Figura 20. Perfil de la sección transversal de los tramos 10 y 11, tomado de AutoCAD	75
Figura 21. Perfil de la sección transversal de los tramos 12, tomado de AutoCAD.	75
Figura 22. Perfil de la sección transversal de los tramos 13 Y 14, tomado de AutoCAD	76
Figura 23. Perfil de la sección transversal del tramo 15, tomado de AutoCAD.	76
Figura 24. Circuito alternativo para el sistema de Bicicletas Públicas	77
Figura 25. Circuito alternativo para el sistema de Bicicletas Públicas (ubicación de rampas, estacionamientos, etc.)	78
Figura 26. Circuito para el sistema de Bicicletas Públicas alternativo	80

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resultados de la simulación en TransModeler, en el horario de 7:30 am a 8:30 am.	86
Anexo B. Resultados de la simulación en TransModeler, en el horario de 11:45 am a 12:45 am.	89
Anexo C. Resultados de la simulación en TransModeler, en el horario de 5:30 pm a 6:30 pm.	92
Anexo D. Análisis de Resultados promedio de viaje	95

## RESUMEN

**Título:** PROPUESTA DEL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE CIRCULACIÓN NECESARIA PARA UN SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS EN EL SECTOR CERCANO A LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, SEDES DE BUCARAMANGA\*

**Autores:** FRANCY LORENA MARTINEZ BECERRA  
XIMENA ALEXANDRA PEÑA RICO\*\*

**Palabras Clave:** Sistema de bicicletas públicas, normativa, ciclovías, cicloruta, alternativa.

En todo el mundo se fabrican más de 100 millones de bicicletas anualmente, es decir, tres veces más que el número de automóviles, y únicamente en los países desarrollados como Canadá, Alemania y Holanda así como en China, son tomadas en cuenta como medio de transporte, dándoles la misma prioridad en la planeación y el desarrollo de la infraestructura vial que a autobuses y automóviles. Colombia es un país modelo ya que Bogotá es una ciudad que lidera el uso de la bicicleta en Latinoamérica. Bucaramanga, por otro lado, es una ciudad que está creciendo rápidamente en población, por lo que su movilidad ha ido empeorando con el pasar de los años. Teniendo en cuenta lo anterior y las posibilidades que tiene Bucaramanga para implementar un sistema de este tipo, se analizaron sus fortalezas y desventajas, estimando una posible demanda. Este estudio fue realizado en la Propuesta de un Sistema de Bicicletas Públicas para la Universidad Industrial de Santander en las Sedes de Bucaramanga, con el fin de dar continuidad a este proyecto y mediante la investigación de la normatividad nacional e internacional existente sobre el diseño de infraestructura para ciclorutas, se realizó una comparación de dicha propuesta con la normativa encontrada, adicional a esto se presenta una propuesta de un circuito utilizando herramientas de micro simulación de transporte como el software "TransModeler" que permitan estimar el impacto en la movilidad vehicular de la zona de influencia.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, UIS. Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán.

## ABSTRACT

**Title: PROPOSED DESIGN OF PHYSICAL INFRASTRUCTURE NEEDED FOR CIRCULATION SYSTEM PUBLIC BIKE IN THE INDUSTRIAL SECTOR CLOSE TO UNIVERSITY OF SANTANDER, SEATS OF BUCARAMANGA\***

**Authors: FRANCY LORENA MARTINEZ BECERRA  
XIMENA ALEXANDRA PEÑA RICO\*\***

**Keywords:** public bicycle system, rules, bike paths, cycling trail, alternative.

Worldwide over 100 million bicycles are produced annually, that is to say three times more than the number of cars, and only in developed countries like Canada, Germany and the Netherlands as well as in China, are taken into account as a means of transport, giving them the same priority in the planning and development of road infrastructure that buses and cars have. Colombia is a model country since Bogotá is a city that leads the cycling in Latin America. On the other hand Bucaramanga is otherwise a city that has a rapidly growing population, so its mobility has been getting worse with each passing year. Considering the above and the possibilities that Bucaramanga others to implement a system of this type, its strengths and weaknesses a have been analyzed, considering a possible lawsuit, this study was conducted in the Proposal of a System of Public Bikes for the "Universidad Industrial de Santander" in the venues in Bucaramanga, in order to give continuity to this project by researching existing national and international standards on the design of infrastructure for bike paths, a comparison of the proposal has been made with the regulations that we found and additional to this, a proposal of a circuit using micro simulation tools transport as is the software "TransModeler" to estimate the impact on vehicular mobility in the area of influence is presented.

---

\* Degree Project

\*\* Physicomechanical faculty. School of Civil Engineering, UIS. Director: Yerly Fabian Martinez Estupiñan.

## INTRODUCCIÓN

Ante el proceso dinámico de crecimiento del país, el problema de transporte en las ciudades no puede considerarse solo desde la óptica del desarrollo de la infraestructura vial (más vías y más puentes) sino que requiere la adopción de políticas para reducir el tráfico y la congestión ante las precarias condiciones del transporte público y la demanda espacial del automóvil. Crear propuestas para el mejoramiento de dichas dificultades requiere saldos grandes en términos económicos, teniendo en cuenta el costo social del tiempo improductivo invertido en la movilización, costos sociales vistos en la baja calidad de vida como consecuencia de un sistema de transporte obsoleto e inseguro, y costos ambientales teniendo en cuenta la contaminación aérea y del suelo por el uso de modos de transporte no sostenibles o de bajo rendimiento, se requieren encontrar soluciones mediante la diversificación de alternativas de movilidad.

De este modo se ha querido fomentar el papel de la bicicleta como medio de transporte junto con la recuperación para el peatón y el ciclista de espacios urbanos ocupados hasta ahora de forma indiscriminada por el automóvil, siendo hoy una de las políticas de movilidad sostenible y de la mejora de la calidad de vida en los entornos urbanos. La bicicleta ha venido ganando aceptación en diversas partes del mundo, en especial en Europa, Estados Unidos y parte de la China, en donde por décadas ha sido un popular modo de transporte que posee ventajas tales como no contaminante, barata, eficiente, divertida y versátil.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Una de las necesidades que ha inquietado al hombre y que ha permitido su evolución es la forma de trasladarse de un lugar al otro de manera rápida y efectiva, con el pasar del tiempo se han ido desarrollando diversos medios de transporte: terrestres (carreta, automóvil, tren, bicicleta, etc.); acuáticos: (barco, yate, lancha, etc.) y aéreos: (avión, avioneta, etc.) Cada uno de ellos necesita infraestructuras diferentes y con unas determinadas especificaciones para su correcto funcionamiento.

Debido a la congestión vehicular que hay en la actualidad generada por el aumento del parque automotor, improvisación, malos manejos, transporte pesado, falta de civismo e infraestructura inadecuada, han provocado el colapso en la movilidad de las principales ciudades del país. En Bucaramanga, de acuerdo con los datos presentados por la Cámara de Comercio, durante los primeros meses del 2014 el parque automotor creció un 6,2%, respecto a la misma fecha del año anterior, se estima que este año se mantenga un crecimiento cercano al 7% en el área metropolitana.<sup>1</sup>

Teniendo en cuenta esta problemática se han buscado soluciones que no se han llevado a cabo a causa de la falta de recursos económicos, o uso inadecuado de dichos recursos, pues en muchas ocasiones no se hace proyección a futuro de por lo menos 40 años, generándose proyectos para una vida útil a máximo 10 años o a un futuro cercano, además no se ha invertido en infraestructura necesaria para disminuir los embotellamientos producidos por el tránsito de automóviles, transporte público y motos; por el contrario se han creado sistemas de transporte masivo que

---

<sup>1</sup> CÁMARA DE COMERCIO DE BUCARAMANGA. Informe Sectorial. Bucaramanga, 2014.

han disminuido enormemente las vías de uso común dejándolas solamente para estos sistemas que sirven a unos ciudadanos pero no a toda la ciudad.

Como solución a la problemática ya mencionada se ha recurrido a sistemas, como el uso de la bicicleta, el cual se ha querido vincular a un plan de desplazamiento completo, que incluya todas las formas posibles para la movilidad de las personas, considerando que es un medio de transporte moderno y no anticuado, el cual ha generado la respuesta más efectiva, tanto para el usuario como para el medio ambiente, ya que contribuye a su conservación y preservación, además de los beneficios para la salud de quienes han decidido usar la bicicleta como medio de transporte en ciudades como Bogotá, colaborando con la disminución de los vehículos que ruedan a diario por la metrópoli. Para regular el transporte, proteger al ciclista y buscar que su tiempo de llegada de un lugar a otro fuera más corto se han construido ciclorrutas que son infraestructuras públicas u otras áreas destinadas de forma exclusiva o compartida para la circulación de bicicletas.

Así como en Bogotá, en Bucaramanga se han buscado soluciones a dicha problemática, tal como la propuesta planteada en el proyecto de pregrado de Oscar Prada y Camilo Gómez, Ingenieros Civiles de la Universidad Industrial de Santander, quienes hicieron una investigación para observar que tan viable resultaría la implementación de un sistema de bicicletas públicas en las sedes principales de la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga<sup>2</sup>, queriendo dar continuidad a esta idea con el desarrollo de este proyecto se busca encontrar respuestas a la pregunta, ¿será posible generar un sistema de ciclorrutas en un sector alrededor de la Universidad Industrial de Santander sede Bucaramanga con una infraestructura que permita el fácil desplazamiento de los estudiantes a la universidad?

---

<sup>2</sup> PRADA, Oscar y GÓMEZ, Camilo. Propuesta de un Sistema de Bicicletas Públicas para la Universidad Industrial de Santander en las Sedes de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Mayo de 2014.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar la infraestructura de circulación en planta, necesaria para implementar un sistema de bicicletas públicas que funcione como alternativa de movilidad en el sector cercano a la Universidad Industrial de Santander.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Revisar la validez de la propuesta hecha para el sistema de bicicletas públicas teniendo en cuenta la normatividad nacional e internacional existente para el diseño en planta de este tipo de infraestructuras.
- Establecer una alternativa de diseño para la infraestructura de circulación de ciclorrutas para la propuesta hecha en el sector aledaño a la Universidad Industrial de Santander.
- Formular un circuito alternativo para el sistema de circulación de bicicletas públicas propuesto para la Universidad Industrial de Santander.

### 3. METODOLOGÍA

- Investigar sobre la normatividad nacional e internacional correspondiente al diseño de infraestructura para ciclorrutas, con el fin de tener un conocimiento previo a cerca del tema a tratar, adquiriéndolo a través de búsqueda en internet, bases de datos, artículos científicos, revistas de ingeniería y documentos proporcionados por la universidad, la alcaldía o distintos entes que nos puedan proporcionar dicha información.
- Recopilar información acerca de las ciclorrutas que actualmente se encuentran prestando servicio a la comunidad en distintas ciudades del mundo, teniendo en cuenta el proceso que tuvieron para su construcción, la normativa que implementaron y la infraestructura utilizada para su diseño y buen funcionamiento.
- Consultar y adquirir capacitación sobre programas como TransModeler, el cual permita hacer el montaje de la propuesta existente o en tal caso una nueva, donde sea posible realizar el trazado, ancho de carril, intersecciones, volúmenes de tránsito tanto de bicicletas como vehiculares, basándonos principalmente en la normatividad que deben regir los diseños.
- Verificar que la propuesta planteada en el proyecto de pregrado de los ingenieros Oscar Prada y Camilo Gómez se ajusta y cumple con la normatividad, mediante la comparación de lo estipulado en dicha norma y la propuesta planteada, teniendo en cuenta la investigación realizada anteriormente.
- Visitar la zona donde se tiene planteado ejecutar la propuesta del sistema de bicicletas públicas como una alternativa de movilidad efectiva, para observar la infraestructura actual y hacer un reconocimiento de dicha zona, realizando toma de fotografías, de medidas y de datos.

- Realizar el diseño de un circuito alternativo en dado caso de que la propuesta existente no cumpla con la normatividad correspondiente.
- Realizar el planteamiento de la infraestructura para el funcionamiento del sistema. (Lugares de estacionamiento y préstamo, lugares de almacenamiento y vía de circulación); teniendo como base los modelos propuestos en otras ciudades.

## 4. NORMATIVA NACIONAL

### 4.1 COMPONENTES DINÁMICOS

**4.1.1 Ciclousuario.** El diseñador de Ciclorrutas o de ciclo Infraestructura debe estar familiarizado con las posibilidades técnicas y las limitaciones del ciclista y del uso de la bicicleta. Un ciclista es un conductor, un equilibrista y su propio generador de energía, todo al mismo tiempo. Esta combinación de tareas incluye un número de características que en determinado momento pueden entrar en conflicto, lo cual le da una posición especial en el tráfico y por lo tanto requiere de consideraciones especiales para su seguridad.

Algunas de estas características ponen al ciclista en desventaja frente a otros medios de transporte (por ejemplo: es su propio generador de energía, absorción de golpes y algunas condiciones especialmente Topográficas limitan su velocidad y capacidad), pero otras, le dan una posición favorable frente a los mismos. Las bicicletas son impulsadas por la fuerza muscular y las destrezas del ciclista, por tanto, el diseño de cada una de las rutas debe permitirle al ciclista realizar su menor esfuerzo y minimizar la pérdida de energía. Debido a que las bicicletas se sostienen únicamente por dos ruedas, el ciclista debe estar constantemente atento a evitar una caída. Las corrientes de aire, las estelas de los diferentes vehículos, especialmente el efecto de succión de aquellos de carga pesada igual, al que las deficiencias en la superficie de rodamiento y obstáculos en la vía, determinan la estabilidad del ciclista y lo llevan a controlar su velocidad e impulso.

Figura 1. Ciclousuario

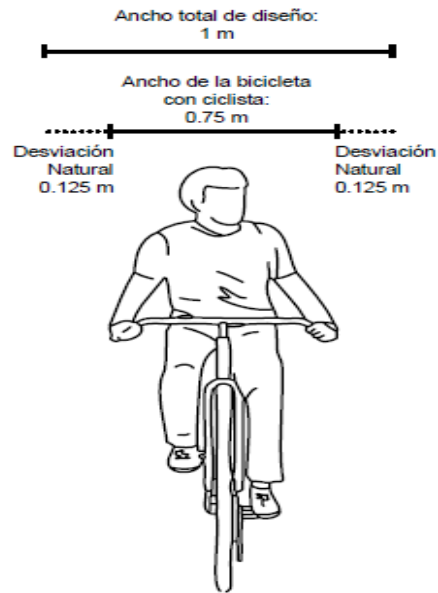


Tabla 1. Dimensiones ocupación de espacio del ciclo-usuario

OCUPACIÓN DE ESPACIO CICLO-USUARIO	
1.50 m	2 ciclistas pueden apenas conducir juntos
2.00 m	2 ciclistas pueden fácilmente conducir juntos
2.50 m	3 ciclistas pueden apenas conducir juntos
3.00 m	3 ciclistas pueden fácilmente conducir juntos
3.50 m	4 ciclistas pueden apenas conducir juntos
4.00 m	4 ciclistas pueden fácilmente conducir juntos

Al realizar diferentes tipos de maniobras, los ciclistas requieren de suficiente espacio y condiciones básicas de seguridad que deben ser contempladas. La vulnerabilidad de un ciclista es obvia; cualquier impacto con otro medio de transporte significa su inestabilidad y puesta en riesgo. Por ende, la Ciclorruta, además de separar al ciclo-usuario de otros tipos de tráfico, puede brindar al ciclista una “zona espacial de amortiguamiento”, la cual actuará como un espacio para maniobras de emergencia que puede protegerlo de accidentes o salvar su vida en determinadas situaciones.

Por ejemplo, una separación y el espacio suficiente, protegerán al ciclista de chocar con las puertas de un vehículo que se abren inadvertidamente. El ciclo-usuario son seres sociales y conducen en espacio abierto, es necesario tener en cuenta la estética, iluminación y percepción de seguridad de los lugares donde será implementada una cicloInfraestructura. Los ciclo-usuarios para guardar el equilibrio no circulan en línea recta, existe una desviación natural hacia ambos costados de aproximadamente 12.5 cm. Adicionalmente se debe garantizar un espacio libre de follaje y obstáculos de mínimo 1 m de ancho por ciclista.

**4.1.2 Tipología del Vehículo.** El mercado ofrece una gran variedad de tipos de bicicletas, sin embargo en Colombia, la gran mayoría de las bicicletas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- **Bicicleta de Montaña:** Este tipo de bicicleta, caracterizado por poseer cambios, en algunos casos suspensión y ruedas anchas y texturadas, es el preferido en el medio colombiano debido principalmente a que en el país apenas se está creando una cultura de movilidad en bicicleta en las ciudades. De naturaleza recreativa, este tipo de bicicleta en nuestra media está siendo usada para la movilidad diaria. Adicionalmente, permite una mayor comodidad en el ascenso de pendientes (frecuentes en nuestras ciudades) y el paso por vías y sectores no urbanizados.
- **Bicicleta de Turismo:** La bicicleta de turismo es también tradicional en el país. Su popularidad viene de la práctica del ciclismo y también, en principio sólo era usada para propósitos recreativos. Es la más práctica para la movilización dentro de la ciudad ya que es liviana y rápida, sin embargo no puede transitar por terrenos agrestes.
- **Bicicleta de Carga:** Es frecuente que las bicicletas en el contexto local sean adaptadas para el transporte de cargas pequeñas, con canastas en las partes delanteras y traseras, o triciclos con compartimentos de carga. Es necesario tener

en cuenta las dimensiones de estos vehículos adaptados, si su uso es frecuentes en el sector donde será construida la Ciclorruta.

## **4.2 COMPONENTE ESTÁTICO**

**4.2.1 Red y Demanda.** Como primera medida para el diseño de la red es necesario tener en cuenta que los resultados de una red de Ciclorrutas varían de acuerdo al entorno en que se implementan; se recomienda tener en cuenta los siguientes factores para calcular sus beneficios y proponer políticas y diseños adecuados:

- La actual duración de los viajes realizados por los residentes urbanos.
- La calidad y eficacia del transporte y el sistema de tráfico actual, los patrones de movilidad y la seguridad vial.
- Las características socio-económicas de la población.
- Los niveles de propiedad y uso de vehículos automotores, motos y bicicletas
- La actitud de los usuarios de la vía hacia la bicicleta.
- Las características geográficas de la zona urbana y su estructura morfológica.
- El clima Igualmente los siguientes factores pueden ser utilizados para promover un aumento del uso de la bicicleta y mejorar las condiciones de seguridad para los ciclistas.
- Planificación de las ciudades y de los nuevos desarrollos urbanos de tal manera que los viajes sean lo más cortos posibles.
- Proporcionar instalaciones y facilidades para la bicicleta.
- Incluir iniciativas publicitarias, planes educativos y pedagógicos que permitan promover el uso de la bicicleta de manera adecuada.
- Asegurar que las políticas de la bicicleta sean totalmente y de manera integral, parte de las políticas del tránsito y transporte de la ciudad.
- Incluir dentro de las políticas la necesidad de tener capacidad (presupuesto) de invertir y construir infraestructura para la bicicleta. Finalmente no hay que olvidar que el primer paso para los planificadores y políticos dispuestos a apoyar y

desarrollar políticas incluyentes de la bicicleta en las ciudades es lograr que el tema tenga relevancia en la agenda política.

#### **4.2.2 Requisitos de red**

Coherencia: La cicloInfraestructura debe formar una unidad coherente, que permita conectar de manera segura y continúa los puntos de origen de los ciclistas con los destinos principales de la ciudad: áreas residenciales con áreas administrativas, con áreas de empleo, con centros educativos, con centros recreativos y deportivos, con estaciones de transporte público, metro, entre otros. Se debe prestar especial atención a:

- Intersecciones y encuentros con otros modos de transporte
- Tipo de superficie de rodamiento (Pasos elevados, prioridad, color, textura etc.)
- Iluminación
- Calidad de la infraestructura durante todo el recorrido

**4.2.3 Rutas Directas.** La cicloInfraestructura debe ofrecer al ciclista una ruta tan directa como sea posible, garantizando el menor consumo de energía. Se debe prestar especial atención a:

- Velocidad: La velocidad de diseño y de operación de la Ciclorruta debe ser aquella que permita un viaje eficiente y atractivo al ciclista, y debe ir de acuerdo con el entorno y las características propias del contexto en directa relación con la seguridad del usuario. Así mismo, debe ser lo suficientemente ancha para permitir al ciclista realizar viajes cómodos y libres de conflictos con otros ciclistas o usuarios de la vía.
- Demoras o retrasos: Los ciclistas no deben ser detenidos continua y/o innecesariamente. El trayecto debe ser realizado con continuidad y seguridad. Las rutas o pasos en intersecciones diseñadas para ciclistas deben considerar trayectos directos, evitando recorridos innecesarios que desestimen el uso de la

infraestructura asignada para dicho propósito y expongan a los ciclistas a utilizar pasos inseguros, en búsqueda de recorridos más directos o cortos. Atractivita La planeación, diseño, implantación y operación de la red, sus rutas y elementos deben tener como objetivo principal, brindar una buena percepción de seguridad en la vía, la cual, debe estar directamente relacionada con condiciones óptimas de iluminación, visibilidad, y el acompañamiento de las autoridades en el contexto inmediato. En general, debe haber un especial cuidado de las características físicas y sociales de los alrededores, de tal manera que contribuyan con el bienestar del ciclista y minimice el riesgo de robo, atraco acoso, violencia o lesiones al usuario. Se debe prestar especial atención a:

- Visibilidad: Toda la superficie de rodamiento, aproximación a cruces y posibles conflictos con otros modos de transporte deben ser siempre bien percibidos por los diferentes usuarios de la vía.
- La visibilidad del ciclista y hacia el ciclista debe ser asegurada y no obstruida por ningún tipo de objeto o elemento natural.
- En todo caso, evitar que el ciclista pierda la visibilidad por algún obstáculo, o sea encandelillado por las luces de los vehículos.
- Sentido de control social o seguridad: La infraestructura debe ser visible en la ciudad, evitando ser ocultada por grandes obstáculos o separada de aquellos corredores en donde las mismas personas ejercen cierto tipo de control social frente a robos o lesiones.

**4.2.4 Seguridad.** El diseño geométrico, cruces, intersecciones, señalización, mobiliario, superficie de rodamiento y demás elementos de diseño de la cicloInfraestructura deben garantizar la seguridad vial del ciclista y de los otros usuarios de la vía. Estos elementos, minimizan el riesgo de confrontación y accidente con otros medios de transporte y en diferentes situaciones del medio físico. Se debe prestar especial atención a:

- Diferencias significativas o peligrosas entre varios usuarios de la vía. La Ciclorruta sobre calzada vehicular (no separada) no debe ser implementada en aquellos lugares donde los vehículos superan los 50 km por hora.
- Se debe controlar el posible exceso de velocidad de los vehículos que circulan próximos a la Ciclorruta.
- Controlar la velocidad en las Ciclorrutas que compartan el espacio con peatones o estén próximas a ellos.
- Permitir el contacto visual entre los diferentes usuarios de la vía.
- Poder identificar y anticipar los cruces vehiculares o peatonales en la Ciclorruta.
- Considerar los volúmenes de los diferentes tráficoes en la vía.
- Considerar espacios para encontrar, superar, pasar otros ciclistas y poder realizar maniobras que permitan mantener el equilibrio, teniendo en cuenta las dificultades y condiciones de los ciclistas.

**4.2.5 Comodidad.** La cicloInfraestructura debe permitir un desplazamiento amigable, continuo y confortable del tráfico de bicicletas. Reduce el estrés mental y físico de los usuarios y potencializa sus capacidades. Se debe prestar especial atención a:

- Las pendientes longitudinales o la inclinación de la ruta en relación con su longitud no debe tener un efecto negativo en el uso de la cicloInfraestructura, incluyendo aquellas de puentes y aproximaciones a viaductos.
- La pendiente transversal no debe superar el 2% de inclinación para no producir desequilibrio o inestabilidad en los ciclistas.
- Impedimentos de tráfico: La disposición de la ruta, debe minimizar los conflictos con otros modos de transporte, especialmente los cruces con vehículos.
- Condiciones del contexto: El diseño de la ruta debe proteger al ciclista de la contaminación excesiva, viento e inclemencias del tiempo, por medio de una adecuada vegetación, superficies no resbalosas y proveer al ciclista con infraestructura adecuada en el recorrido, tal como paradero o puntos de protección.

- Debido a que la Ciclorruta consiste en la unión coherente de múltiples trayectos e intersecciones, donde las circunstancias (volúmenes, función, espacio disponible, tráfico entre otros) son variables, el diseño de cada ruta debe también variar. Sin embargo, es fundamental que el diseño de la Ciclorruta se desarrolle de manera clara, que permita identificar y reconocerla contundentemente y mantener la seguridad y comodidad durante todo su recorrido.

**4.2.6 Estudio de Demanda.** Con el fin de planificar una red de cicloInfraestructura, el primer paso es realizar un estudio de demanda. Un estudio de demanda localiza los ejes principales y secundarios en donde se deben construir las Ciclorrutas. En este manual sólo se presenta una síntesis de una formulación de red a través de un Modelo de Tráfico<sup>2</sup>. Para una información detallada en este aspecto es necesario referirse a la bibliografía que se refiere en la siguiente sección.

Los modelos tradicionales incorporan un estudio en tres etapas:

**Generación de Viajes:** Esta etapa comienza con la localización de zonas homogéneas en la ciudad para determinar los puntos de origen y destino. Estas zonas son de un tamaño menor a las utilizadas para los estudios de demanda de tráfico motorizado, ya que los viajes en bicicleta normalmente son más cortos que los de automóvil. En Holanda, por ejemplo, se estableció un área estándar de 250m x 250m que es utilizado hasta hoy. Una vez delimitadas las zonas se diferencian de acuerdo con su naturaleza, si son lugares de vivienda, empleo o conexión con otros sistemas de movilidad; para esto se deben integrar datos estadísticos como número de residentes, número de empleos, estudiantes, localización de equipamientos y comercio, etc. A través de este procedimiento y un posterior análisis utilizando coeficientes de generación, se determinan cuantos viajes comienzan y terminan en las diferentes zonas.

**4.2.7 Distribución moral.** Los resultados de la etapa anterior se analizan en función de distancias entre puntos de atracción y recepción de viajes para determinar los medios de transporte idóneos para cada ruta. El resultado se presenta en una matriz de origen-destino (O-D). Complementariamente se pueden realizar encuestas en puntos claves de movilidad o en hogares para corroborar los resultados de la matriz. **Asignación y Calibración** En este momento se analizan los corredores que determinó la matriz de O-D, con el fin de asignarles una categoría y calibrar el modelo, otorgándoles valores a las rutas según factores como velocidad, tipos de intersecciones etc. En este punto es pertinente tener en cuenta la calidad de los corredores identificados por la matriz O-D; existen una serie de obstáculos como calles uni-direccionales, excesiva presencia de cruces semaforizados, vegetación, morfología urbana, calidad del pavimento y otros que pueden dificultar el tráfico de bicicletas. Al finalizar este proceso se tiene una matriz O-D “cargada”, es decir una situación lo más aproximada a la realidad. Este estudio se puede complementar con un análisis de la demanda latente, es decir localizar trayectos cortos que se realizan actualmente en otros medios de transporte y que potencialmente pueden ser más eficientes en bicicleta.

Igualmente se pueden analizar desvíos hasta ahora inexistentes pero que pueden comunicar más eficientemente dos puntos, o finalmente aprovechar nuevas infraestructuras que estén programadas en la ciudad o municipio para introducir cicloInfraestructuras. Según los resultados de volúmenes actuales y proyectados de bicicletas se identifican los corredores, con mayor demanda, y en conjunto con otros factores, como la ubicación estratégica del corredor, se determinan las rutas principales y complementarias.

### **4.3 VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y DE DISEÑO**

La velocidad de diseño determina el radio y el peralte de las curvas, distancias mínimas de visibilidad e influye en determinar el ancho de la vía. La velocidad de diseño de una Ciclorruta no debe ser menor a 10 km/h en considerando a la

comodidad, seguridad y estabilidad del ciclista. La velocidad de diseño recomendada es de 25 a 30 km/h. La velocidad de diseño es diferente a la velocidad de operación. La velocidad de operación es a la cual las bicicletas se mueven, entre 15 y 20 km/h por hora normalmente. Esta velocidad varía en situaciones especiales como pendientes y largos tramos rectos, donde se pueden alcanzar velocidades de hasta 35 km/h o más; o en casos de pendientes ascendentes donde la velocidad se reduce a 10 km/h. Influye también el entorno, ya que una Ciclorruta localizada fuera de zonas urbanas es ideal que permita velocidades de hasta 40km/h. En estos casos es pertinente modificar la velocidad de diseño de la cicloInfraestructura.

Tabla 2. Velocidad de diseño en pendientes

VELOCIDAD DE DISEÑO EN PENDIENTES			
Pendiente (%)	Longitud (m)		
	25 a 75	75 a 150	Más de 150
Entre 3 y 5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
Entre 6 y 9	40 km/h	50 km/h	55 km/h
Más de 9	45 km/h	55 km/h	60 km/h

#### 4.4 PENDIENTES 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 deben diseñar Ciclorrutas en lugares con pendiente constantes mayores a 6%<sup>3</sup>; este nivel de pendiente fatiga al ciclista y desestimula el uso de la cicloInfraestructura .El Instituto de Desarrollo Urbano (1999). Plan Maestro de Ciclorrutas, Manual de Diseño de Ciclorrutas .Las pendientes influyen principalmente en dos aspectos:

- Esfuerzo requerido de ascenso
- Requerimientos de seguridad en descenso

Es posible diseñar Ciclorrutas en terrenos con pendiente siempre y cuando estas no sean muy pronunciadas o los tramos inclinados no sean muy largos. Igualmente, dado el esfuerzo y balance extra que debe hacer el usuario durante el ascenso y las altas velocidades que se alcanzan durante el descenso, es necesario contemplar sobranchos en las Ciclorrutas, especialmente si estas son bidireccionales.

Tabla 3. Pendientes máximas por distancia

PENDIENTES MÁXIMAS POR DISTANCIA	
3-6%	Hasta 500 m
6%	Hasta 240 m
7%	Hasta 120 m
8%	Hasta 90 m
9%	Hasta 60 m
10%	Hasta 30 m
11-20%	Hasta 15 m

Tabla 4. Sobrancho 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

#### 4.5 TIPOLOGÍA DE DISEÑO DE CICLORRUTAS

- **Ciclorruta Unidireccional:** 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 motorizada.

- **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 invadir.

#### 4.6 ASPECTO DE SUPREFICIE DE RODAMIENTO

➤ **Color:** El color permite que el diseño comunique algo importante a los usuarios. El rojo es el “estándar” (en Holanda) para Ciclorrutas, aunque no está fundamentado en ninguna ley. En Buenos Aires y Nueva York se utiliza el color verde, en la primera, sólo en las intersecciones y en la segunda, sobre la Ciclorruta pintada, es decir que no tiene protección o separación del tráfico mixto. En la práctica, cualquier color es posible. Al usar un sólo color (de preferencia rojo o verde), la cicloInfraestructura se hace más reconocible y más visible. Esto influye favorablemente en la comodidad (facilidad de uso) y en la seguridad vial. El uso de colores también puede apoyar la continuidad de una Ciclorruta a través de una ruta de tráfico motorizado.

Un pavimento de color tiene dos funciones:

- Demarcar el área de la vía especialmente asignada al ciclista, en lugares donde debe ser reconocida con mayor atención.
- Hacer las intersecciones claramente reconocibles

➤ **Zonas de transición:** Es necesario prestar especial atención a las áreas de transición y el cambio en el nivel y la superficie de rodamiento. Los problemas más comunes se encuentran en las intersecciones, debido a que el ciclista debe superar, además del tráfico motorizado, obstáculos, separadores, bolardos, elementos de control de velocidad entre otros. En aquellos puntos donde el ciclista tiene prioridad, se hace evidente, que el pavimento y las características propias de la Ciclorruta deben continuar sobre la intersección.

➤ **Cajas de inspección:** Las cajas de inspección son usualmente la causa de grandes baches y problemas en la superficie. Estas zonas son altamente susceptibles de hundimientos, fracturas, y dilataciones. Para evitar caídas y maniobras que pongan en riesgo a los ciclistas es necesario considerar que los desagües nunca deben estar posicionados sobre el área efectiva de las Ciclorrutas o el espacio asignado a ciclistas en calzada vehicular; estos deben estar localizados sobre el área de parqueo o sobre las cunetas o bordillos.

➤ **Intersecciones:** Las estadísticas de accidentes de tránsito demuestran la importancia de prestarle mucha atención a este tema. La causa más importante de accidentes de tránsito graves (fatalidades y hospitalizaciones) que involucra a ciclistas, son las colisiones entre ciclistas y automóviles. Más de la mitad de estos accidentes ocurren en intersecciones en el área urbana (58%) y dentro de éstos, especialmente en las intersecciones en vías con velocidades sobre los 50 km/h (95%)<sup>5</sup>. En Colombia, los datos de accidentalidad de ciclistas no se encuentran desglosados. El panorama de accidentalidad se mide cuando los sistemas y redes son completos. En Colombia los estudios sobre las Ciclorrutas aún no contemplan la red integralmente.

➤ **Coherencia:** La función de una intersección es permitir el intercambio. En una intersección, los vehículos tienen la opción de doblar y cruzar (si sólo se da la opción de cruzar entonces es un cruce, no una intersección). El diseño de una intersección

debe apoyar la función del intercambio de la mejor manera posible. Las teorías de diseño anteriores se basaban en el supuesto de que sería beneficioso para el usuario del espacio vial si cualquier sub-conflicto que surgiese en la intersección se resolviera lo más lejos de ella. Pero esta idea se considera obsoleta. Separar los sub-conflictos puede llevar a situaciones de tráfico complejas, incomprensibles e inesperadas, aumentando el riesgo de accidentes. El diseño de una intersección debe ser comprensible y útil para todos los usuarios de la vía. Este objetivo se logra mejor, con una buena organización que minimice al máximo los puntos conflictivos. Sin embargo, este principio básico de limitar lo más posible el número de puntos problemáticos puede entrar en conflicto con otros requisitos, por ejemplo los que tienen relación con el flujo vehicular. En los puntos de cruce o intersección a nivel, es importante reducir al mínimo las velocidades de los distintos usuarios de la vía durante el intercambio. En una colisión con un automóvil a baja velocidad, la probabilidad de supervivencia es mucho mayor que si el automóvil viaja rápidamente. En el gráfico anexo se muestra la relación entre la velocidad del automóvil al momento de un accidente y la probabilidad de que un peatón muera al ser atropellado. Aunque estos datos no se pueden aplicar directamente a los ciclistas, el panorama para ellos no es muy distinto. Evidentemente, el riesgo de muerte para un ciclista aumenta exponencialmente con un aumento en su velocidad, al momento del impacto.

➤ **Identificación:** Es la capacidad que tienen los usuarios de conocer y decidir sobre la ruta a tomar. Las señales de la vía deben ser completas, de tal manera que los ciclistas pueden fácilmente ver que vía deben tomar. Las señales deben ser fáciles de encontrar y estar localizadas estratégicamente.

➤ **Consistencia de la calidad.** La continuidad en una ruta es esencial para la eficiencia y uso de cualquier Ciclorruta, por lo tanto la solución adecuada a todas y cada una de las intersecciones es fundamental para su éxito. No sólo debe proporcionar con claridad y a detalle las implementaciones para cada una de las

conexiones de una solución segura, sino, también debe mostrar respeto y claridad hacia todos los tipos de usuarios de la vía. En particular, la calidad de detalle y el nivel de prioridad a los ciclistas y los peatones deben reforzar la percepción de que son importantes y prioritarios, incluso más que los automovilistas (debido al grado de vulnerabilidad). Directrices Una cicloInfraestructura de alta calidad y eficiente, debe tener prioridad sobre los accesos de vehículos privados y las vías secundarias o menores, siempre y cuando sea posible. La evaluación de la forma adecuada de los cruces y la prioridad de cruzar en cualquier ubicación dependerá de una serie de factores específicos del sitio. Sin embargo, debe ser considerado como factor principal la seguridad de cada uno de los usuarios, especialmente peatones y ciclistas. La evaluación de posibles retardos en vehículos, debe incluir el aumento previsto en el cruce de movimientos, como resultado de la implementación de una red de Ciclorrutas y de sus facilidades. El efecto de retraso en los vehículos de motor debe ser considerado pero en ningún momento, la congestión vehicular puede ser usada como justificación, para no desarrollar adecuadamente una solución para el cruce de peatones o ciclistas, especialmente en aquellos puntos donde la dificultad para estos actores es evidente o crítica. La vida humana y la protección a la misma deben primar sobre toda política o disposición de tráfico. Así mismo, el diseño de la red de Ciclorrutas, debe evitar las situaciones donde se requiere que el ciclista deba detenerse o dar el paso continuamente, ya que esto desestimularía el uso de la cicloInfraestructura y promovería que los usuarios de bicicletas utilicen la calzada vehicular en búsqueda de eficiencia al transportarse, pero se expondrían a situaciones de peligro.

➤ **Visibilidad.** En los cruces es importante que exista una adecuada visibilidad entre ciclistas y conductores, y entre los ciclistas y peatones. La Ciclorruta debe estar claramente señalizada y demarcada, tanto para orientar a los ciclistas y peatones, como para informar a los conductores de la vía la aproximación y la presencia de un cruce de Ciclorruta. Medidas de reducción de velocidad y tráfico calmado deben ser implementadas. Se recomienda que en los cruces se

implemente un tratamiento de contraste de color como una advertencia a los ciclistas del peligro potencial, y para disuadir a los automovilistas de invadir o entrar abruptamente en la Ciclorruta. No es recomendado texturizar en exceso el cruce, debido a que una superficie rugosa o irregular puede representar un inconveniente para el equilibrio de los ciclistas y exponerlos a una caída o aumentar el estrés mental en una intersección, donde el riesgo de mayor accidentalidad

➤ **Soluciones de Desnivel.** La infraestructura a desnivel se recomienda y es necesaria, cuando otras soluciones para las intersecciones no cumplen con los requisitos en relación a rutas seguras en términos de volúmenes viales y de seguridad. Esto no sólo se aplica a las Ciclorrutas principales, sino a los trayectos de toda la red, especialmente aquellos que intersectan vías con alto tráfico o vías recolectoras con velocidades de 70 km/h o más. Sin embargo, con frecuencia no habrá suficiente espacio para una solución a desnivel. En ese caso, sólo se puede realizar un cruce seguro si se reducen las diferencias de velocidad o si las diferencias de volumen y dirección se separan utilizando semáforos. En caso de implantar soluciones a desnivel, se deben evaluar las dos opciones de construir puentes o pasos deprimidos, en términos de costos, comodidad y según las características de los alrededores. En todo caso, se debe tener en cuenta que la solución ideal para los ciclistas es que los vehículos motorizados y no las bicicletas son las que pasen la diferencia de altura. Una solución es que los automóviles pasen por el túnel y los ciclistas permanecen a nivel de suelo o que la vía esté ligeramente elevada para que el ciclo-túnel no tenga que construirse tan profundo.

## 5. NORMATIVA NACIONAL PARA CICLISTAS

Normativa para Ciclistas en Colombia, el Código Nacional de Tránsito Terrestre, Ley 769 de 2002, Capítulo V, dicta las normas para ser cumplidas por los conductores de bicicletas y triciclos entre otros, los conductores de bicicletas y triciclos estarán sujeto a las siguientes normas:

- ✓ Deben transitar por la derecha de las vías a distancia no mayor de un (1) metro de la acera u orilla y nunca utilizar las vías exclusivas para servicio público colectivo.
- ✓ Los conductores de estos tipos de vehículos y sus acompañantes deben vestir chalecos o chaquetas reflectivas de identificación que deben ser visibles cuando se conduzca entre las 18:00 y las 6:00 horas del día siguiente, y siempre que la visibilidad sea escasas.
- ✓ Los conductores que transiten en grupo lo harán uno detrás de otro.
- ✓ No deben sujetarse de otro vehículo o viajar cerca de otro carruaje de mayor tamaño que lo oculte dela vista de los conductores que transiten en sentido contrario.
- ✓ No deben transitar sobre las aceras, lugares destinados al tránsito de peatones y por aquellas vías en donde las autoridades competentes lo prohíban.
- ✓ Deben conducir en las vías públicas permitidas o, donde existan, en aquellas especialmente diseñadas para ello.
- ✓ Deben respetar las señales, normas de tránsito y límites de velocidad.
- ✓ No deben adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por sus respectivos carriles.
- ✓ Siempre utilizarán el carril libre a la izquierda del vehículo a sobrepasar.
- ✓ Deben usar las señales manuales detalladas en el artículo 69 de este Código.
- ✓ Reglamentado por la Resolución del Min. Transporte 1737 de 2004, los conductores y los acompañantes cuando haber, deberán utilizar casco de seguridad, de acuerdo como fije el Ministerio de Transporte.

- ✓ La no utilización del casco de seguridad cuando corresponda dará lugar a la inmovilización del vehículo.
- ✓ No podrán llevar acompañante excepto mediante el uso de dispositivos diseñados especialmente para ello, ni transportar objetos que disminuyan la visibilidad o que los incomoden en la conducción cuando circulen en horas nocturnas, deben llevar dispositivos en la parte delantera que proyecten luz blanca, y en la parte trasera que reflecte luz roja.
- ✓ Los alcaldes municipales podrán restringir temporalmente los días domingos y festivos, el tránsito de todo tipo de vehículos por las vías nacionales o departamentales que pasen por su jurisdicción, a efectos de promover la práctica de actividades deportivas tales como el ciclismo, el atletismo, el patinaje, las caminatas y similares, así como, la recreación y el esparcimiento de los habitantes de su jurisdicción, siempre y cuando haya una vía alterna por donde dichos vehículos puedan hacer su tránsito normal.

## **SEÑALIZACIÓN DE CICLORRUTAS**

Generalidades: La señalización de ciclorrutas se realiza utilizando los mismos dispositivos verticales y horizontales empleados en la señalización de calles y carreteras y se complementa con los elementos que se incluyen en este capítulo. El uso correcto de los diferentes elementos de señalización de ciclorrutas deberá brindar a los usuarios una circulación segura, evitando sobre instalación de señales que puedan causar distracción o confusión. Las señales deberán ser uniformes, en lo referente a texto, forma y color.

Señalización Vertical: La señalización vertical hace referencia a los dispositivos que se instalan a nivel de la vía o sobre ella, mediante placas fijadas en postes o estructuras, que cumplen la finalidad de transmitir a los usuarios de la ciclorruta las normas específicas que buscan prevenir, reglamentar e informar, mediante el uso de símbolos o textos determinados.

Las principales funciones de la señalización de ciclorrutas son:

1. Prevenir al ciclista sobre las diferentes situaciones riesgosas que se pueden presentar.
2. Reglamentar el uso de la Ciclorruta.
3. Informar al ciclista de las condiciones del entorno y guiarlo a través de la red de ciclorrutas.

- Materiales :

Tableros: Los materiales que se utilizarán para la elaboración de los tableros de las señales deberán elaborarse en cualquiera de los materiales descritos en el capítulo 8 del presente Manual, de acuerdo con la conveniencia de la entidad contratante. Las señales podrán ser reflectivas o no, en todo caso se debe garantizar una buena iluminación a lo largo de ciclorruta. En el caso en que las señales sean reflectivas se utilizará el material reflectante Tipo I que cumpla con las coordenadas cromáticas en términos del Sistema Colorimétrico Standard y las demás especificaciones fijadas en la norma técnica colombiana NTC 4739. Las entidades contratantes deberán exigir a los fabricantes de las señales las certificaciones de cumplimiento de dicha norma, la cual deberá ser expedida por el proveedor de dicho material.

- Soporte

El soporte y los elementos de sujeción serán de material suficientemente resistente y que no se deteriore con el tiempo. La sección transversal del soporte debe ser circular, en todo caso no debe presentar elementos angulares que puedan agravar el impacto en caso de accidente. El diámetro interno de la sección circular del soporte deberá ser de dos (2) pulgadas, con un espesor del tubo de 3,9 mm. La estructura de soporte deberá estar pintada en color blanco.

Las señales quedarán ubicadas a una altura de 2,20 m, medidos desde la superficie del piso hasta la parte inferior del tablero. Las características del soporte y del tipo de anclaje de las señales.

- Forma y Color

La forma de las señales y el color del fondo a usarse corresponden a los mismos utilizados en la señalización vertical de calles y carreteras. Podrán colocarse dos tableros de señales verticales sujetos a un solo poste, uno por cada cara, siempre y cuando sean tableros que tengan la misma configuración o forma.

Figura 2. Tipos de Señalización

<i>Circulación prohibida de mascotas</i>	
	Esta señal se emplea para notificar a los usuarios la prohibición de transitar con mascotas.
<i>Circulación compartida</i>	
	Esta señal se emplea para notificar al ciclista y al peatón que la ciclovia es compartida.
<b>SEÑALES PREVENTIVAS</b>	
<i>Vehículos en la ciclovia SPC-01</i>	
	Esta señal se emplea para advertir al ciclista la proximidad de un tramo de ciclovia sobre el cual pueden cruzar vehículos automotores.
<i>Descenso fuerte</i>	
	Esta señal se emplea para advertir al ciclista la proximidad de un sector de la vía con una pendiente fuerte de descenso.
<i>Ascenso fuerte</i>	
	Esta señal se emplea para advertir al ciclista la proximidad de un sector de la vía con una pendiente fuerte de ascenso.
<b>SEÑALES INFORMATIVAS</b>	
<i>Nombre o código de la ciclovia</i>	
	Esta señal muestra el nombre o código de la ciclovia si este existe.
<i>Dirección de la ciclovia</i>	
	Esta señal informa a los ciclistas el rumbo a seguir para alcanzar un destino.
<i>Cicloparqueadero</i>	
	Esta señal informa al ciclista un sitio de estacionamiento de bicicletas.
<i>Fin ciclovia</i>	
	Esta señal se emplea para informar al usuario la terminación de la ciclovia por la que se está circulando.
<i>Inicio ciclovia</i>	
	Esta señal informa al usuario el inicio de una ciclovia.

**Señalización Horizontal:** La señalización horizontal está conformada por símbolos, flechas, letras y líneas que se pintan sobre el pavimento, sardineles y estructuras de la vía o adyacentes a ella. También podrán colocarse otros elementos que

sobresalgan de la superficie del pavimento, que permitan regular o canalizar el tránsito.

- Materiales

Las marcas viales deben hacerse mediante el uso de pinturas en frío u otros materiales para demarcación de pavimentos que cumplan con las especificaciones técnicas para señalización horizontal descritas en el capítulo 8 del presente Manual. Los materiales utilizados para la demarcación de ciclorrutas no deberán presentar condiciones deslizantes, que puedan generar riesgo de accidentes a los peatones o ciclistas y deberá garantizarse su visibilidad en condiciones atmosféricas adversas.

- Colores

La demarcación de ciclorrutas será en colores blanco o amarillo. El color blanco se empleará en líneas longitudinales para hacer separaciones entre tránsito del mismo sentido, en líneas de borde de pavimento, flechas, símbolos, mensajes viales y en marcas transversales. El color amarillo se utilizará para separar flujos de sentido contrario.

- Marcas longitudinales

Líneas centrales: Se emplearán estas líneas de color amarillo para indicar el eje de una ciclorruta con tránsito en los dos sentidos. En circunstancias especiales, como transiciones en el ancho del pavimento, esta línea puede no estar en el centro geométrico de la calzada.

Líneas centrales: estarán conformadas por una línea segmentada de color amarillo con ancho de 10 cm, como mínimo, con una relación de longitudes entre segmento pintado y espacio sin pintar de tres (3) a cinco (5), así:

Longitud del segmento pintado: 1,20 m

Longitud del espacio sin pintar: 2,00 m



## 6. NORMATIVA INTERNACIONAL

Buscando otorgar facilidades a los ciclistas se lleva a cabo el desarrollo de diferentes manuales y reglamentos, en el Plan Maestro de Ciclovías se desarrollan principalmente aspectos técnicos del diseño geométrico de las ciclovías, en planta, perfiles y secciones, señalización y semaforización, también se contemplan otros aspectos como paisajismo, iluminación, pavimentos, etc.

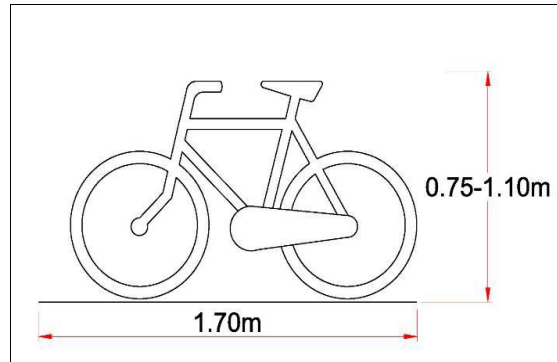
### 6.1 LIMA

**6.1.1 Diseño Geométrico.** Se deben tener presente los siguientes aspectos:

- Un adecuado ancho para la circulación de los ciclistas.
- Garantizar que los peatones, ciclistas y automovilistas se perciban oportunamente unos a otros con suficiente tiempo y espacio.
- Señales claramente legibles y ubicadas apropiadamente.
- Compatibilizar las velocidades de circulación en aquellos tramos de la vía en los que se encuentre los diferentes tipos de usuarios.
- Minimizar los tiempos de espera y los recorridos.

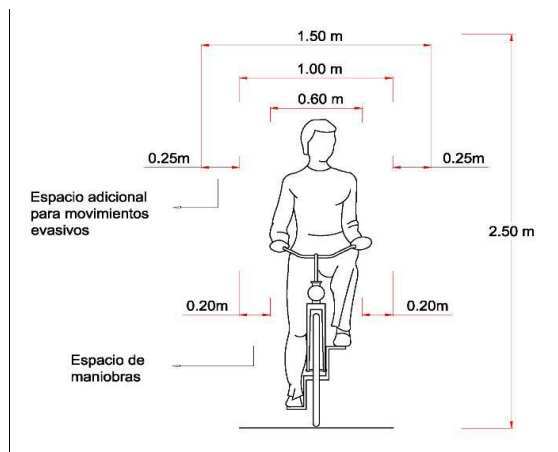
**6.1.2 Dimensionamiento básico de las ciclovías.** Para determinar las dimensiones de la ciclovía, se deben considerar el tamaño del vehículo y espacio necesario para el movimiento del ciclista. La bicicleta convencional o típica tiene las dimensiones señaladas en la figura.

Figura 3. Dimensiones de una bicicleta convencional



Los manubrios siendo la parte más ancha de la bicicleta, con una medida de 0,60 m de ancho en las bicicletas más comunes de ciudad, a esta medida se le incrementan 0,20 m a cada lado para el movimiento de brazos y piernas. Sin embargo, hay que tener presente los resguardos necesarios para la ejecución de las posibles maniobras que este puede realizar, necesitando un ancho de 1m, como movimientos evasivos durante la circulación frente a circunstancias en marcha, para ello es necesario un espacio adicional de 0,25 m a cada lado, lo que hace un total mínimo de 1,50 m. también se necesita un espacio vertical libre de 2,50 m, una persona no alcanza esta altura cuando se sienta en la bicicleta.

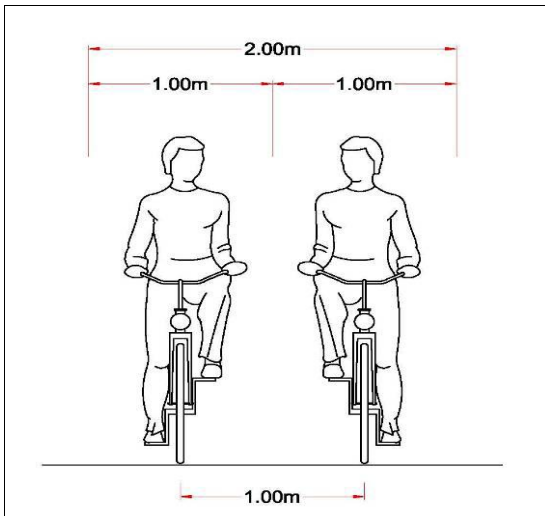
Figura 4. Dimensiones de los espacios del ciclista



- **Ancho de la ciclovía**

-En sentido Unidireccional. El ancho recomendado para que el ciclista se desplace con comodidad en una ciclovía es de 1,50 m, pero es necesario añadir una distancia adicional para la comodidad de la circulación en paralelo (dos ciclistas), para adelantamientos o rebases, por lo tanto se recomienda un ancho de 2,0 m.

Figura 5. Distancia entre ciclousuario (espacio de comodidad)



-En sentido Bidireccional. Para la circulación de dos ciclistas en sentido contrario el espaciamiento necesario es de 2,0 m, la sección de una ciclovía bidireccional depende también de:

-Si en los laterales del área de operación del ciclista no existen sardineles o escalones o si estos son de una altura inferior a 0,10m, la distancia de la trayectoria teórica de cada lado al borde de la sección debe ser como mínimo de 0,25m a cada lado, dando un ancho total de 2,50 m.

-Si los sardineles o escalones tienen una altura superior a 0,10m, la distancia se incrementa hasta 0,50m a cada lado teniendo como ancho total 3,0m.

-Las distancias de los obstáculos laterales discontinuos, como postes o arboles a los laterales más próximos, deberán ser como mínimo de 0,75m.

-Si el obstáculo es una pared, como ocurre en los túneles, esta distancia mínima debe aumentarse hasta 1,0m del lado afectado, o a ambos lados.

Cuando la ciclovía se ubica junto a una zona de estacionamiento vehicular, la sección debe contar con un ancho de 0,50m, desde los laterales más próximos del ciclista y a partir de este borde debe reservarse una banda de 0,80m para permitir la apertura de las puertas de los automóviles sin peligro para los ciclistas del lado afectado o a ambos lados.

**6.1.3 Velocidad de diseño.** Bajo condiciones normales (buenas condiciones climáticas, terreno plano y pavimentado, la velocidad de diseño es de 30 Km/h y en terrenos no pavimentados se considera una velocidad de 24 Km/h. Sin embargo se pueden considerar velocidades de hasta 40 Km/h.

Si la pendiente longitudinal es pronunciada, la velocidad de diseño para descensos deberá ser mayor que la empleada en los tramos rectos.

Tabla 5. Velocidad de Diseño en Función de la Pendiente

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	25 a 75	75 a 150	>150
3 a 5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 a 8	40 km/h	50 km/h	55 km/h
9	45 km/h	55 km/h	60 km/h

**6.1.4 Radios de Volteo.** La siguiente ecuación permite calcular el radio correspondiente a las velocidades típicas

$$R = 0,24V + 0,42 \quad (1)$$

Siendo:

R: Radio de la curvatura (en metros)

V=Velocidad (en Km/h)

Tabla 6. Relación de velocidad- Radio

V(km/h)	R(m)
12	3.3
15	4.0
20	5.2
30	7.6

### 6.1.5 Sobreanchos de Ciclovías

- **Por pendiente.** El ciclista necesita un sobreancho para realizar las correcciones de su trayectoria, para mantener su balance cuando va escalando, las ciclovías deben contar con sobreanchos en pendientes, aun más si son bidireccionales.

Tabla 7. Sobreanchos de ciclovía por pendiente

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	26 a 75	75 a 150	>150
>3 a <=6	0	20 cm	30 cm
>6 a <=9	20 cm	30 cm	40 cm
>9	30 cm	40 cm	50 cm

- **Por radio de curvatura.** El sobreancho debe ubicarse en el interior de las curvas.

Tabla 8. Sobreanchos de Ciclovías por Radios de Curvatura

Radio de curvatura	Sobreancho Requerido (Pendientes entre 0% y 3%)
24 a 32 m	25 cm
16 a 24 m	50 cm
8 a 16 m	75 cm
0 a 8 m	100 cm

**6.1.6 Peralte.** No debe exceder el 12%, porcentajes más altos pueden causar movimientos lentos, cuando los ciclistas van escalando en un camino bidireccional con pendientes mayores del 4%, el peralte no debe exceder el 8%.

**6.1.7 Perfil Longitudinal.** La pendiente máxima recomendable es de 4%, con un

máximo excepcional de 5% y una longitud de hasta 90 m. Cada cambio de pendiente deberá estar precedido por una longitud que permita acelerar antes de empezar a escalar.

**6.1.8 Distancia de visibilidad.** Esta distancia es en función del tiempo de la percepción y reacción del ciclista, del estado de la superficie, coeficiente de fricción, de la pendiente y de la velocidad de diseño.

El tiempo de percepción-reacción generalmente se asume dentro de los 2,5 segundos y el coeficiente de fricción en 0,25.

$$S = \frac{V^2}{255(G + f)} + 0,694V \quad (2)$$

S= Distancia de visibilidad (m)

V= Velocidad de diseño (Km/h)

F= Coeficiente de fricción

G= Pendiente 10%

### 6.1.9 Diseño de intersecciones

- **En Ciclovías laterales**

-Cuando la ciclovía se interviene con una vía de un solo sentido, el cruce se realizará por la parte de la calzada señalizada para las bicicletas.

-Cuando las ciclovía se intersecte con vías de doble sentido, la ciclovía deberá tener un ligero desvío de la trayectoria hacia la calzada que la corta.

-Cuando la intersección presenta un paradero de transporte publico cercano a la intersección, el trazo de la ciclovía deberá realizarse por detrás del paradero.

-Cuando sea necesario realizar movimientos a la izquierda, se deberá girar en dos tiempos o fases.

-Cuando se necesiten movimientos ala derecha, se debe girar con cautela respecto

a los vehículos motorizados que realizan el mismo giro.

-Cuando se intersecten dos vías con ciclovías laterales y el espacio lo permita, se debe diseñar una vía de atajo que permita conectar rápidamente las dos ciclovías.

- **En separador central**

-Cuando la ciclovía se intersecte con una vía de un solo sentido o vía local, en la calzada de la intersección, y siguiendo la proyección de la ciclovía, se habilitara un camellón a nivel de la ciclovía, para garantizar seguridad al ciclista

-Cuando la ciclovía se intersecte con una vía de doble sentido de circulación con flujo vehicular moderado, se construirá una isla central.

-Cuando la ciclovía se intersecte con una vía de doble sentido de circulación o con vías de flujo elevado, se recomienda los cruces en tres tiempos.

-Cuando se necesite realizar movimientos a la izquierda, se debe girar en dos tiempos o fases.

-Cuando se necesiten movimientos a la derecha, se deberá girar siendo cautos de los vehículos motorizados que realizan el mismo giro.

- **Ciclovías en óvalos**

-En los óvalos o rotondas las ciclovías se diseñaran en la parte lateral de la vía, aledañas a la acera.

### **6.1.10 Pavimentos**

#### **6.1.10.1 Consideraciones Generales**

- La superficie de rodadura deberá ser uniforme, impermeable, antideslizante y de aspecto agradable. Las ciclovías no son sometidas a grandes esfuerzos, no necesitan, por tanto, una estructura mayor a la utilizada para vías peatonales.

- Existe la necesidad de introducir una diferenciación visual ente la ciclovía y las otras vías adyacentes, sobre todo en su coloración, como recurso auxiliar de señalización.

- Los revestimientos más utilizados son de asfalto y de concreto.

- No es recomendable usar bloquetas o adoquines debido a que producen vibraciones durante el desplazamiento de la bicicleta, salvo que se requiera reducir la velocidad del ciclista.

Los caminos o tramos con superficies afirmadas de piedra chancada, arena, limo o tierra estabilizada son aceptables y ambientalmente preferibles, en el caso de ciclovías recreativas.

### 6.1.10.2 Estructura del pavimento

- **Sub Base.** Es la fundación sobre la cual se construye la base y va colocada directamente sobre el terreno natural, debe tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El relleno debe de estar compuesto por un material compactable.
- El material debe ser compactado en capas de 150 mm con el 90% de la densidad máxima del próctor modificado.

- **Base.** Sirve para transmitir las cargas superficiales hacia capas más profundas. Los materiales deben de estar libres de elementos orgánicos.

La granulometría recomendada:

Tabla 9. Condiciones del agregado

	TAMIZ(mm)					TAMIZ (mm)	
Tamiz	28	20	14	5	1.25	315	80
% sobre tamaño	100	90-100	68-93	33-60	19-38	9-17	2-8

Recomendaciones:

- Cada capa de material de base debe ser compactada con espesores menores a 150 mm y debe estar compactada con el 95% de la densidad del próctor modificado.
- La base debe tener menos del 150 mm después de compactada.
- La base no debe estar colocada sobre superficies húmedas.

- La base debe extenderse con un ancho de 0.30 m. a cada lado de la vía, con respecto a la superficie de rodadura.

-Capa de Rodadura

-Provee una superficie de rodadura confortable y segura y protege la capa de base

**6.1.10.3 Color del pavimento y acabados.** Se recomienda que la ciclovía posea una textura rugosa para la seguridad del desplazamiento; asimismo es recomendable que cuente con un color diferente al del resto de las vías.

**6.1.11 Reductores de velocidad.** Para la reducción de la velocidad de la circulación sobre las vías, se utilizan métodos físicos de control de tránsito, comúnmente denominados elementos de pacificación del tránsito o tráfico calmado (Traffic Calming).

Los objetivos de utilizar los elementos de pacificación del tránsito son:

- Reducir las altas velocidades en las vías.
- Establecer condiciones para la circulación de los vehículos de manera segura y lenta.
- Evitar la circulación de unidades de carga (pesados) por zonas residenciales
- Evitar accidentes de tránsito

Entre los tipos más usados se encuentran:

- Resaltos (Gibas, Hump, Road Hump, Speed Hump): Su instalación consiste en modificar la geometría de la vía en el sentido vertical con un ligero desnivel. Pueden ser de dos tipos: de perfil redondeado o de perfil plano.

□ Dimensiones

-Altura: 0.03 a 0.05 m.

-Ancho: 0.80 a 2.50 m.

□ Características técnicas:

- Concreto  $f_c = 210 \text{ Kgr/cm}^2$

- Armadura de fierro corrugado de 3/8"

- Revestimiento mínimo de 0.03 m

• Tachones: Son dispositivos delimitadores, reflectantes dispuestos en la superficie del pavimento, sobre, o de preferencia, adyacentes a las marcas longitudinales. Están ubicados generalmente en serie, delimitando un espacio en la vía y/o indicando un obstáculo.

-Cuerpo: Concreto resinado poliepóxico, con relleno de granito y cuarzo.

-Colores: Rojo

-Reflectante: Serán de alta intensidad con protección de acrílico y embutido al cuerpo de las tacha y tachones.

Su resistencia mínima será:

Compresión: 9,800 Kgs/cm<sup>2</sup>.

Flexión: 7,500 Kgs/cm<sup>2</sup>.

Se fijarán al pavimento por medio de pernos de anclaje de acero corrugado de 5/8" de diámetro incorporado al cuerpo del material y un pegamento "epóxico".

• Resonadores:

Reduce la velocidad sin perjudicar la dirección del vehículo, producen un efecto vibratorio

**6.1.12 Señalización.** La señalización para vías está regulada por el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, emitido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, aprobado mediante la Resolución Ministerial N° 210-2000 MTC/15.02, de fecha 03 de Mayo del 2000.

Consiste en la colocación de señales, marcas, simbología, de control de tránsito para orientar el apropiado comportamiento del ciclista. La indicación de la señalización de direcciones, destinos, distancias y nombres de calles transversales, son usadas de manera similar como se usan en las vías motorizadas.

**6.1.13 Diseño urbano y paisajismo.** La ciclo vía debe ser agradable para el ciclista, para que disfrute su viaje.

- Paisajismo. Un lugar agradable para los ciclistas hará que ellos al igual que los peatones se acojan mejor a los constantes cambios y mejoramientos que se le puedan realizar a las rutas, además la zona verde sirve como protección de la lluvia el sol para los ciclistas, debido a esto se contemplan en todas las propuestas de ciclo vías arborización y paisajismo, para lograr hacer más atractivo este paseo.

- Ciclomódulos. Los ciclomódulos son pequeños equipamientos distribuidos en puntos estratégicos de la red de ciclo vías donde los ciclistas puedan dejar sus vehículos con seguridad y exista un módulo para serenazgo, reparación de bicicletas, servicio de aire, locales de venta de periódicos y revistas, flores, bebidas gaseosas, cabinas de Internet y de telefonía, si el espacio lo permite y la demanda lo justifica.

Los ciclomódulos se ubicarán en espacios públicos, probablemente en intersecciones importantes de la ciudad y pueden llegar a convertirse en hitos o referentes urbanos importantes.

**6.1.14 Estacionamiento.** Para realizar el diseño de un estacionamiento se deben seguir los siguientes parámetros:

- Seguridad para el ciclista y sus implementos.
- Funcionalidad; deben ser capaces de albergar todo tipo de bicicletas y tamaños.
- Accesibilidad; deben estar situados cerca del destino de los ciclistas.
- Estabilidad; el estacionamiento o parqueadero debe garantizar la sujeción sin deterioro de la bicicleta ante el viento o pequeños empujones involuntarios por parte de otros ciclistas.
- Comodidad del ciclista; el estacionamiento debe prever un área que facilite y agilice las operaciones de amarre y desamarre de la bicicleta.
- Protección climática; se debe de considerar la habilitación de la infraestructura necesaria para la protección del sol y las distintas condiciones climáticas.

## **6.2 CHILE**

En sentido bidireccional la velocidad de diseño con una pendiente longitudinal entre 0 y 3% debe ser de 30 Km/H, la velocidad de diseño con una pendiente longitudinal entre 3,1 y 6% es de 50 Km/H. La pendiente longitudinal máxima en tramos es de 6% y la pendiente transversal máxima es de 3%.

El radio de giro mínimo en tramos con una pendiente longitudinal entre 0 y 3% es de 20 m para peralte de 8% y de 24 m para peralte de 2%, el radio de giro mínimo en tramos con una pendiente longitudinal entre 3,1 y 6% es de 68m para peralte de 8% y de 86 m para peralte de 2% el radio de giro mínimo en intersección es de 5 m. El ancho mínimo libre es de 240 cm, el ancho mínimo libre en singularidad es de 200 cm y el galibo vertical mínimo es de 250 cm.

En sentido unidireccional la velocidad de diseño con una pendiente longitudinal entre 0 y 3% debe ser de 30 Km/H, la velocidad de diseño con una pendiente longitudinal entre 3,1 y 6% es de 50 Km/H. La pendiente longitudinal máxima en tramos es de 6% y la pendiente transversal máxima es de 4%.

El radio de giro mínimo en tramos con una pendiente longitudinal entre 0 y 3% es de 20 m para peralte de 8% y de 24 m para peralte de 2%, el radio de giro mínimo en tramos con una pendiente longitudinal entre 3,1 y 6% es de 68m para peralte de 8% y de 86 m para peralte de 2% el radio de giro mínimo en intersección es de 5 m. El ancho mínimo libre es de 180 cm, el ancho mínimo libre en singularidad es de 100 cm y el galibo vertical mínimo es de 250 cm. No se requieren esquemas de segregación en vías con operación de vehículos motorizados menor a 30 Km/H.

La segregación en vías con operación de vehículos motorizados entre 31 Km/H y 50 Km/H debe ser visual con un ancho de 50 cm hecho en pintura y tachas. La segregación en vías con operación de vehículos motorizados mayor a 51 Km/H debe ser física con un ancho de 50 cm mínimo, hecha en pintura más un separador más un hito vertical en esquinas.

Para las ciclovías en aceras se deberá bajar el cruce a nivel de calzada, se deberá usar cajones de acumulación para los giros y líneas demarcadas para indicar los vectores de giros. Cuando se inserta una ciclovía se usan radios de giro chicos, para reducir la velocidad de vehículos que doblan. Cuando hay cruce semaforizado se usan ciclos cortos por el principio de la ruta directa. En los estacionamientos los mobiliarios más utilizados son los de tipo "U" invertida.

### **6.3 MÉXICO**

Cuando las escaleras por donde transitan los ciclistas tengan un ancho entre 1,20 y 2,10 m se pueden colocar canaletas integradas a la alfarda. Para escaleras

mayores a 2,10 m se colocan rampas integradas a la escalera, las rampas no deben tener una pendiente mayor al 12% y deben contar con su propio barandal.

Los estacionamientos pueden ser en “U” invertida, el más popular de los mobiliarios en el que se estacionan dos bicicletas las cuales se mantienen erguidas. Otro es estacionamiento horizontal alto y bajo, permite alternar las bicicletas a 0,35 m de distancia esto dificulta la maniobra de estacionamiento cuando ya hay bicicletas a los lados, estacionamiento horizontal en dos niveles, de esta forma se duplica la capacidad, mobiliario colgante, disminuye el espacio pero es difícil de utilizar ya que la bicicleta se tiene que cargar.

El ancho mínimo de la banqueta debe ser de 3,00 m, un mueble colocado transversalmente a la banqueta deberá estar separado 0,80 m de la guarnición y la banqueta deberá tener un mínimo de 4,00 m de ancho, el mueble siempre deberá estar separado 0,80 m en todas las direcciones, de cualquier paramento, jardinería u otro mueble urbano, los muebles cercanos a las esquinas deber apartarse por lo menos 1,20 m de la línea de alto para evitar obstrucciones peatonales, lo mejor es ocupar un cajón de estacionamiento de automóviles, se debe tener una formación inclinada de la bicicleta de 60°. <sup>3</sup>

En entornos urbanos que cuentan con una topografía plana, los ciclistas tienen una velocidad promedio de entre 15 y 20 Km/hr; si existen pendientes ascendentes, su velocidad puede reducirse hasta los 10 Km/hr. En cambio, si hay pendientes descendentes, los ciclistas alcanzan velocidades de hasta 40 Km/hr.

La velocidad promedio puede elevarse hasta entre 25 y 30 Km/hr en terrenos planos; si existen pendientes descendentes muy prolongada y utilizando una

---

<sup>3</sup> Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas. Red de Movilidad en Bicicletas, Tomo III.

técnica correcta para romper el viento, se pueden alcanzar velocidades mayores a 50 Km/hr.

El peralte tiene un valor máximo de 12%, ya que los ciclistas pueden llegar a percibir incomodidad por la inclinación. En el caso de una vía bidireccional, con curvas en pendientes mayores al 4%, el peralte no debe exceder un 8% para facilitar el ascenso de los ciclistas. Los carriles de circulación deben ser entre 3.90 y 4.30 metros de ancho, para permitir el rebase del ciclista con una distancia de 1.00 metro.<sup>4</sup>

## **6.4 ESPAÑA**

La red básica será lo más ortogonal posible y soportará el tráfico motorizado, en calles donde se traza la vía ciclista por la calzada, es el propio bordillo existente el que distingue el espacio peatonal y ciclista. En calles, donde se traza la vía ciclista sobre la acera existente o donde se prevé la ampliación de la acera, se utiliza el mobiliario urbano o franjas arboladas para evitar la mezcla de los espacios reservados para peatones y ciclistas.

El ancho mínimo de la banda de circulación peatonal (libre de obstáculos) debe ser de 2,50 metros.<sup>5</sup> En el mobiliario de los estacionamientos se utiliza la “U” invertida “delgada”.<sup>6</sup> Respecto a la accesibilidad, además de las dimensiones y colocación de los dispositivos para el amarre, los recintos contarán con una altura mínima de 2,25 m y suficientes puntos de luz.

La puerta de acceso deberá disponer, asimismo, de una anchura libre mínima de 0,90 m y una altura mínima de 1,90 m. En estacionamientos la separación simple

---

<sup>4</sup> Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas. Infraestructura Tomo IV.

<sup>5</sup> Plan Directo de Movilidad Ciclista I. España

entre bicicletas: 0,6-0,7 metros. La separación mínima (relativamente incómoda) entre bicicletas (con altura diferentes): 0,30-0,35 metros. El pasillo de maniobras debe tener 1,75 metros si la bicicleta tiene que salir en ángulo recto; 1,40 metros si la bicicleta tiene que salir en ángulo de 45°.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Plan directo de movilidad ciclista II. España.

## 7. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA PLANTEADA EN EL AÑO 2013

Se considerará la ruta definida en la Propuesta de un Sistema de Bicicletas Públicas para la Universidad Industrial de Santander en las Sedes de Bucaramanga, la cual servirá como base para proponer un circuito alternativo que cumpla la normatividad vigente para infraestructura de ciclorrutas.

✓ UIS entrada Carrera 27 entre calles 9 y 10

Infraestructura Propuesta:

Costado Oeste: carril Segregado (Ciclocarril)

Costado Este: corte de Andén

✓ Calle 9 entre carreras 27 y 25

Infraestructura Propuesta

Costado Norte: Carril en doble sentido

Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal entre 3,8% y 4,7%

✓ Carrera 25 entre calles 9 y 6.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Pendiente longitudinal: 1,7%.

✓ Carrera 27 entre calles 10 y 14.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

✓ Carrera 27 entre calles 14 -16.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

✓ Avenida Eduardo Santos con Carrera 27.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Pendiente longitudinal: 1,4%.

✓ Avenida Eduardo Santos entre carreras 28 y 30

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal entre 2,7% y 3,7%

✓ Calle 14 entre carreras 30 y 31

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal entre 4,5% y 4,1%

✓ Carrera 31 entre calles 14 y 21

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal: Entre 1% y 2,3 %

✓ Carrera 30 entre calle 10 y 14

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal entre 0,6% y 1,3%

✓ Calle 21 con Carrera 31

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal: 3%

✓ Carrera 30 entre calles 14 y 21

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

✓ Carrera 30, entre calle 21 y Avenida Q. seca

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal: 4,6%

✓ Av. Quebradaseca entre Carreras 30 -32

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Pendiente longitudinal: 4,2 %

✓ Calle 16 con Carrera 27.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Pendiente longitudinal entre 3% y 2,3%.

## **7.1 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA**

Tomando como base la normativa nacional e internacional sobre el diseño de infraestructura de ciclorruta y teniendo en cuenta el circuito planteado en el proyecto realizado en el año 2013, cuyo objetivo fue proponer una alternativa de movilidad para los estudiantes que habitan en los alrededores del campus universitario en Bucaramanga; diseñando una propuesta para la implementación de un sistema de bicicletas públicas, en las sedes principales de la Universidad Industrial de Santander, a partir de dicha propuesta, se hizo la respectiva verificación del

cumplimiento de la normatividad utilizando herramientas como GOOGLE EARTH y GOOGLE MAPS los cuales permitieron observar y obtener las medidas necesarias de la zona (ancho andén, ancho de calzada) y en lugares donde la visibilidad no era óptima se realizó la medición en campo, estos factores son sumamente importantes a la hora de diseñar un corredor para bicicletas, encontrando que la ruta cumple con los requisitos de dimensionamiento sin embargo presenta algunas falencias que dificultan el trazado del carril como son :

✓ VENDEDORES INFORMALES

Este factor obstaculiza el paso de peatones, Se encuentran en los tramos:

- Carrera 27 entre calle 9 y 10.
- Entrada UIS carrera 25.
- Calle 14 entre carrera 30 y 31.

Figura 6. Vendedores ambulantes presentes en el tramo correspondiente a la carrera 27 entre calles 9 y 10



✓ ARBOLES

- Se encuentra presente a lo largo de todo el circuito ocupando gran parte del espacio público destinado para el trazado del carril.

Figura 7. Árboles presentes en el tramo correspondiente a la calle 9 entre carreras 27 y 26A.



✓ PARADEROS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO

Se encuentran en los tramos:

- Carrera 27 entre calle 14 y 16
- Avenida Quebrada seca entre carreras 30 y 32.

Figura 8. Paraderos de metrolínea presentes en el tramo correspondiente a la carrera 27 entre calles 15 y 16



✓ RAMPAS DE ACCESO A PARQUEADEROS RESIDENCIALES

- Se encuentran presentes a lo largo de todo el circuito.

Figura 9. Rampas correspondientes a los parqueaderos residenciales ubicados en el tramo correspondiente a la carrera 27 entre calles 11 y 12



✓ ZONAS DE PARQUEADEROS DE INSTITUCIONES

Se encuentran en los tramos:

- Calle 9 entre carrera 27 y 25.
- Avenida Eduardo Santos con carrera 27.

Figura 10. Parqueadero de institución ubicado en el tramo correspondiente a la calle 9 entre carreras 27 y 25



✓ POSTES

Se encuentra presente a los largo de todo el circuito interfiriendo el trazado del carril.

Figura 11. Poste ubicado en el tramo de la carrera 25 entre calles 7 y 9.



Estos factores obstaculizan e imponen limitaciones al diseño de un posible carril de ciclorruta, debido a que ocupan gran parte del espacio público, el cual en la propuesta está destinado para el circuito, pero no impiden la construcción de dicho carril, ya que un estudio cuidadoso al realizar la selección de la ruta proveerá las posibles soluciones a estas falencias, las cuales no causaran mayor impacto ya sea de tipo social, natural, económico, etc, debido a que con la construcción de este carril se busca un mejor desarrollo en la zona.

## 8. PLANTEAMIENTO DEL CIRCUITO ALTERNO

Dado que el estudio realizado sirvió para definir que la propuesta inicial si cumple con las especificaciones establecidas en la normatividad para el diseño de infraestructuras de ciclorrutas, se tomó como base para plantear un circuito que sirva de conexión de puntos relevantes aledaños a la Universidad Industrial de Santander tales como son la Facultad de Medicina y la futura estación de Transferencia del Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolinea llamada Parque Estación UIS, esto con el fin de buscar el mejoramiento de la movilidad de esta parte de la ciudad brindando una alternativa de transporte no motorizado.

Figura 12. Corredores para el sistema de Bicicletas Publicas.



Fuente: Elaboración Propio-Imágenes Google Earth Bucaramanga

## 8.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO ALTERNO PROPUESTO

### ➤ TRAMO 1 Y TRAMO 2-1

✓ UIS entrada Carrera 27 entre calles 9 y 10

Infraestructura Propuesta:

Costado Oeste: carril Segregado (Ciclocarril)

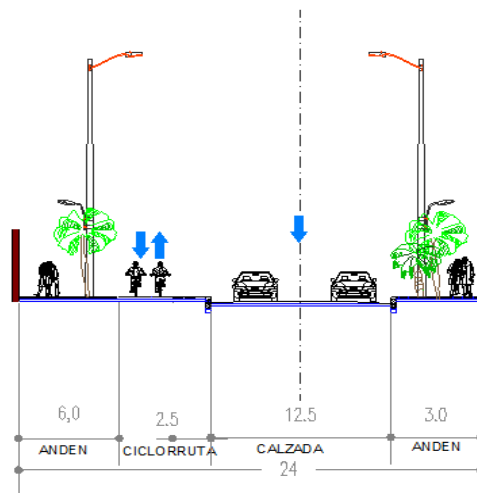
✓ Calle 9 entre carreras 27 y 26A.

Infraestructura Propuesta:

Costado Norte: Carril en doble sentido.

Segregado (Ciclocarril).

Figura 13. Perfil de la sección transversal de los tramos 1 y 2-1, tomado de AutoCAD



### ➤ TRAMO 2-2 y TRAMO 3

✓ Calle 9 entre carreras 26A y 25.

Infraestructura Propuesta.

Costado Norte: Carril en doble sentido.

Segregado (Ciclocarril).

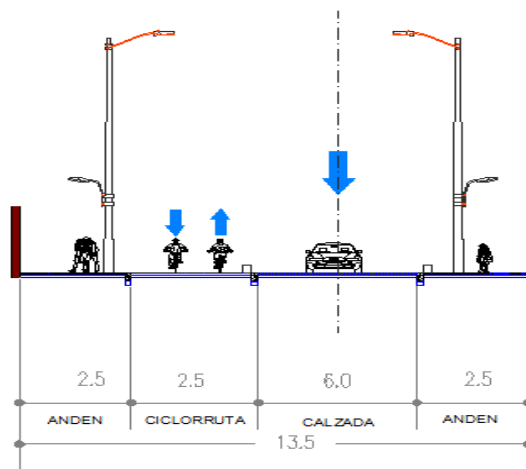
✓ Carrera 25 entre calles 9 y 7.

Infraestructura Propuesta.

Carril en doble sentido

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 14. Perfil de la sección transversal de los tramos 2-2 y 3, tomado de AutoCAD



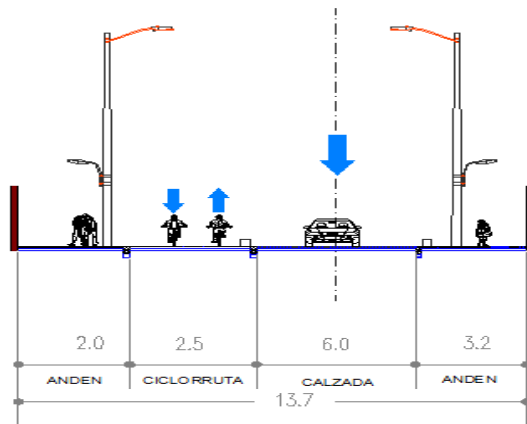
➤ TRAMO 4

✓ Calle 7 entre carrera 25 - 24.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 15. Perfil de la sección transversal del tramo 4, tomado de AutoCAD.



➤ TRAMO 5 Y TRAMO 6

✓ Carrera 24 entre calles 7 y 11.

Infraestructura Propuesta.

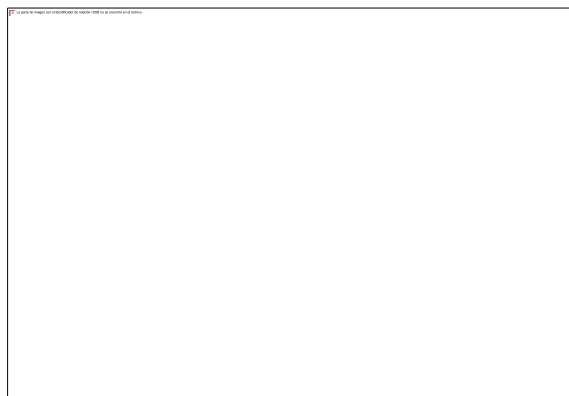
Carril Segregado (Ciclocarril).

✓ Calle 11 entre carrera 24 y 30.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 16. Perfil de la sección transversal de los tramos 5 y 6, tomado de AutoCAD



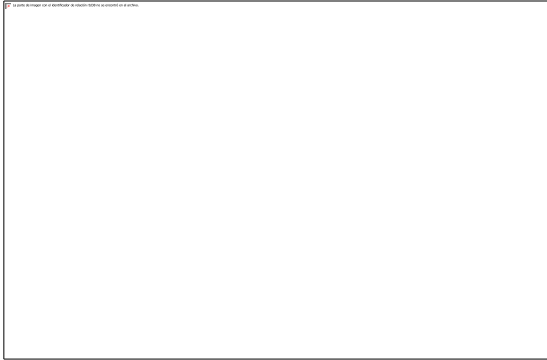
➤ TRAMO 7

✓ Calle 10 entre carrera 27 y 30.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 17. Perfil de la sección transversal del tramo 7, tomado de AutoCAD



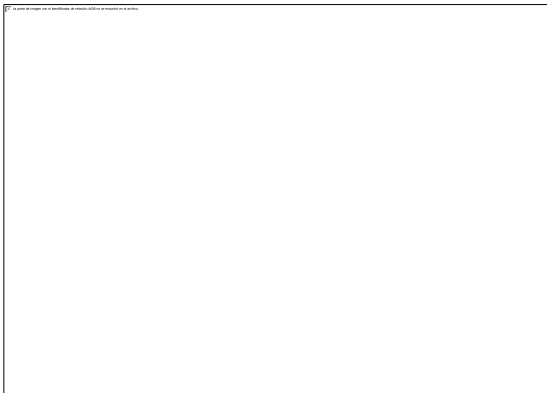
➤ TRAMO 8

✓ UIS entrada Carrera 30 a calle 10.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 18. Perfil de la sección transversal del tramo 8, tomado de AutoCAD



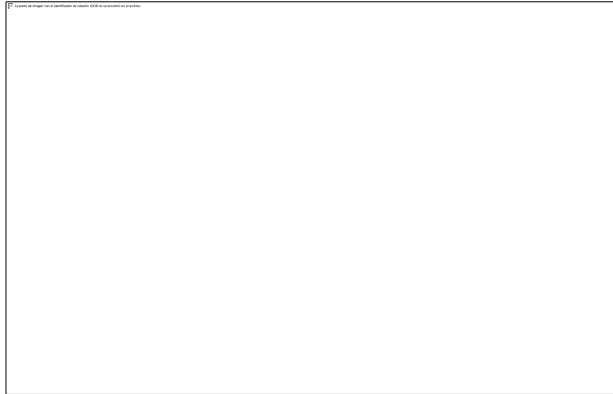
➤ TRAMO 9

✓ Carrera 30 entre calle 10 y 14

Infraestructura Propuesta

Carril Segregado (Ciclocarril)

Figura 19. Perfil de la sección transversal del tramo 9, tomado de AutoCAD.



➤ TRAMO 10 Y TRAMO 11

✓ Carrera 30 entre calles 14 y 21.

Infraestructura Propuesta.

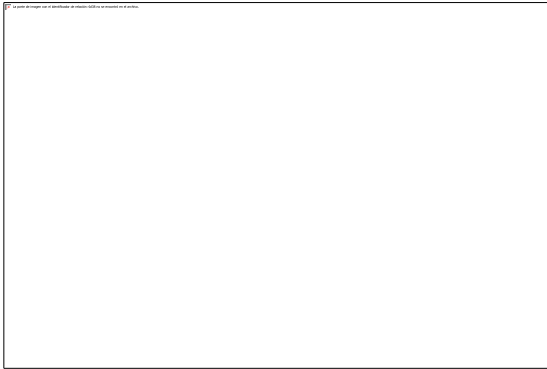
Carril Segregado (Ciclocarril).

✓ Carrera 30, entre calle 21 y Avenida Q. seca.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 20. Perfil de la sección transversal de los tramos 10 y 11, tomado de AutoCAD



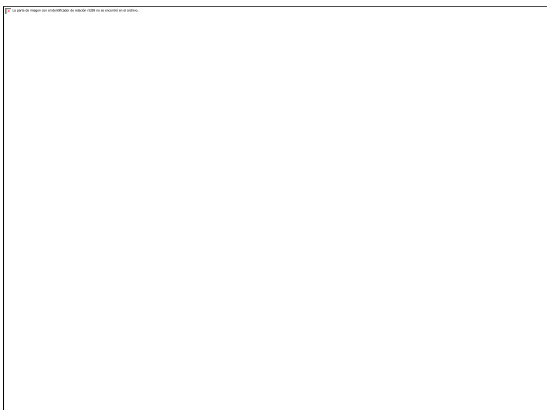
TRAMO 12

✓ Av. Quebradaseca entre Carreras 30 -32.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 21. Perfil de la sección transversal de los tramos 12, tomado de AutoCAD.



➤ TRAMO 13 y TRAMO 14

✓ Calle 21 con Carrera 31.

Infraestructura Propuesta.

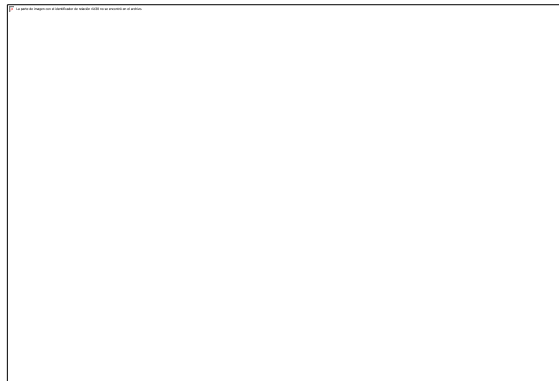
Carril Segregado (Ciclocarril).

✓ Carrera 31 entre calles 14 y 21.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 22. Perfil de la sección transversal de los tramos 13 Y 14, tomado de AutoCAD



➤ TRAMO 15

✓ Calle 14 entre carreras 30 y 31.

Infraestructura Propuesta.

Carril Segregado (Ciclocarril).

Figura 23. Perfil de la sección transversal del tramo 15, tomado de AutoCAD.

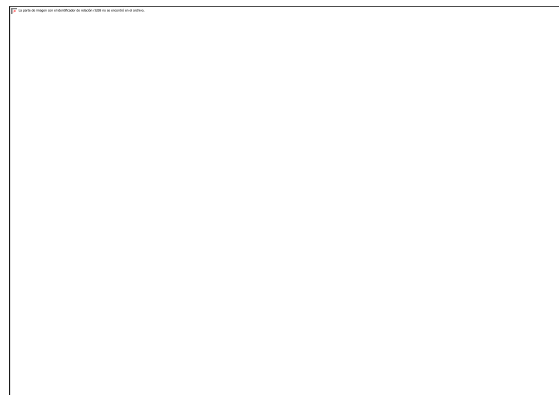


Figura 24. Circuito alternativo para el sistema de Bicicletas Públicas

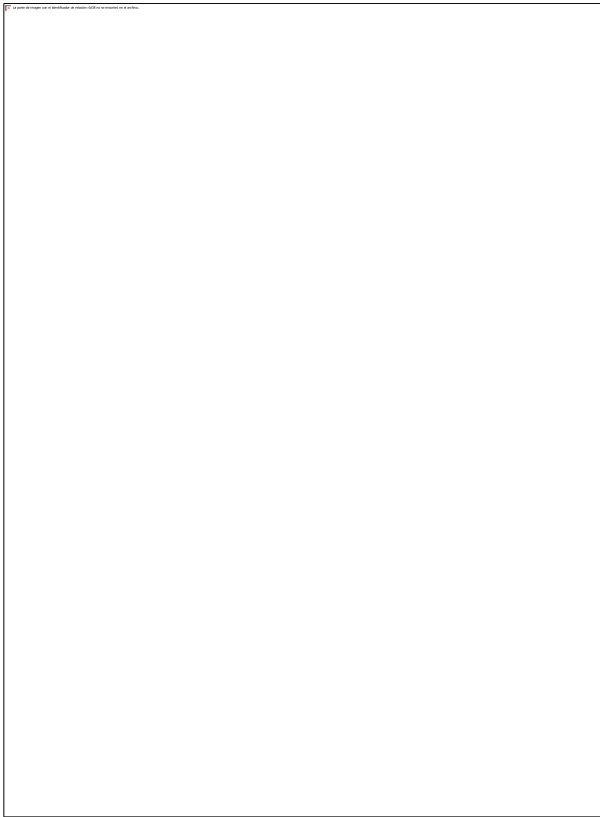


Fuente: Elaboración Propio-Imágenes Google Earth Bucaramanga.

## 8.2 RAMPAS Y CRUCES

Para el funcionamiento de la ciclorruta hay que tener en cuenta elementos definidos en el diseño de las mismas tales como los cruces, rampas y estacionamientos.

Figura 25. Circuito alternativo para el sistema de Bicicletas Públicas (ubicación de rampas, estacionamientos, etc.)



Fuente: Elaboración Propio-Imágenes Google Earth Bucaramanga.

## 9. PROCESO DE MICROSIMULACIÓN

Con el fin de realizar el proceso de microsimulación en el software TransModeler que cuyo potente y versátil paquete de simulación, aplica a una gama de tareas de planeamiento y modelamiento del tráfico, se utilizó este programa dado que puede simular toda clase de redes viales, desde autopistas hasta calles de centro de ciudades analizando mallas multimodales en áreas extensas, animando el comportamiento del sistema de tráfico, la operación semafórica y funcionamiento conjunto de la red, fue necesario hacer un reconocimiento de la zona para verificar si cumple con la normativa descartando trayectos inadecuados.

### 9.1 ANALISIS DE RESULTADOS

El software de microsimulación TransModeler, posee datos estándar de velocidad, tamaño, y peso de vehículos, pero no posee valores determinados para bicicletas; para ello fue necesario incorporar la creación de este nuevo vehículo para la simulación de la zona de estudio y datos de la velocidad promedio y los tiempos de viaje, estimados en la propuesta inicial realizada en el año 2013.<sup>8</sup>

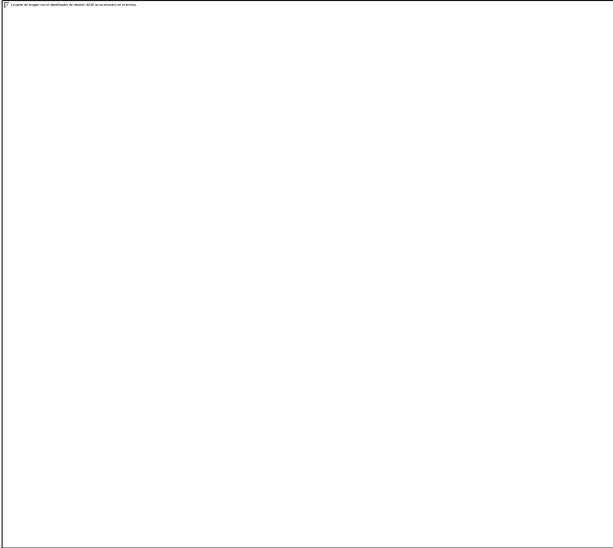
En la estimación de los resultados arrojados al modelar la ruta alterna, el software analiza factores como la velocidad promedio y tiempo promedio de viaje de cada tramo, mostrando un aumento del tiempo de viaje que varía entre el 4% y el 9,2 % estimado del viaje utilizando la bicicleta con respecto al viaje realizado utilizando cualquier otro medio, y una disminución de la velocidad promedio, la cual varía entre 1.8% y 5, 2%, esta respuesta en la disminución de la velocidad puede ser a causa de la falta de cultura para ceder el paso al ciclista, de esta manera se genera un aspecto negativo de la ciclorruta para el usuario, dado que tardaría más haciendo

---

<sup>8</sup> PRADA y GÓMEZ, Op. Cit.

un mismo recorrido en bicicleta que en otro medio de transporte. Tablas de Resultados. (Ver Anexo 1).

Figura 26. Circuito para el sistema de Bicicletas Públicas alterno



Fuente: Elaborado en el software "TRASMODELER"

## 10. CONCLUSIONES

✓ Con base en la normativa nacional e internacional sobre el diseño de infraestructura para ciclorrutas, se verificó que la mayoría de los tramos seleccionados en la propuesta realizada en el 2013, cumplen con las dimensiones y características. Sin embargo, se observaron factores como árboles, postes, vendedores ambulantes, etc., que afectarían la viabilidad de la propuesta inicial realizada en el 2013.

✓ Dado que la ruta no cumplió con los parámetros en algunos tramos, debido a que el espacio actual no cumple el dimensionamiento establecido en la normativa, se llevó a cabo la realización de un circuito alternativo que se adecuara en su totalidad con la norma y además sirviera de conexión de puntos relevantes en la movilidad de la zona, tales como el Parque Estación UIS el cual en la propuesta inicial realizada en el 2013 no estaba planificado, la Facultad de medicina y las entradas de la sede principal de la UIS.

✓ Los resultados de la microsimulación obtenidos con el software TRANSMODELER para la ruta alternativa planteada uniendo la sede principal de la UIS, el Parque Estación UIS y la facultad de salud de la UIS arrojaron resultados negativos, debido a que la velocidad disminuye y en consecuencia el tiempo de viaje promedio en bicicleta aumenta con respecto al que se hace sin ella o con otro medio de transporte, por lo cual genera molestias al usuario.

✓ Es evidente que el Sistema de Bicicletas Públicas sería un elemento esencial tanto en la movilidad de Bucaramanga, aunque actualmente no cuente con la infraestructura ni con los espacios necesarios para llevar a cabo la implementación de la ciclorruta, como en la parte ambiental y en las necesidades de la comunidad, pensando en un futuro crecimiento de la población y consecuentemente del tránsito.



## BIBLIOGRAFÍA

ACERO MORA, J.D. Base para la implementación de un sistema de bicicletas públicas,"sbp", España, 2012.

ALCALDÍA DE BOGOTÁ. Decreto 319 (agosto 15), Por el cual se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y se dictan otras disposiciones [en línea]. Bogotá, 2006. [Citado 8 feb 2015]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21066>>

BALLESTEROS LARROTA LUIS ERNESTO, Evaluación preliminar de ciclorrutas alimentadoras al sistema integrado de transporte masivo en Bucaramanga. Proyecto de grado, Bucaramanga, UIS, 2011.

CÁMARA DE COMERCIO DE BUCARAMANGA. Informe Sectorial [en línea]. Bucaramanga, 2014. [Citado 10 feb 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sintramites.com/temas/indicadoresantander/>>

CLEAN AIR INSTITUTE. Propuesta base para la implantación de un sistema de bicicletas públicas. 2010.

FONDO DE PREVENCIÓN VIAL. Guía de Ciclo infraestructura, ejemplos ilustrados y soluciones. 2013.

FONDO DE PREVENCIÓN VIAL. Guía de cicloinfraestructura. 2013.

FONDO DE PREVENCIÓN VIAL. Pedalee por la ciudad y sobreviva en el intento- Estadísticas de accidentalidad [en línea]. Bucaramanga, 2013 [Citado 18 nov 2014]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.fpv.org.co/investigacion/estadisticas>>

GITIT, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UPB. Bucaramanga Metropolitana, «Cómo Vamos». Bucaramanga, 2013.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA UIS. Aforos Vehiculares período 2011-2012.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA UIS. Estudios previos para la formulación de plan maestro de movilidad urbana para el municipio de Bucaramanga. Bucaramanga, 2010.

IDEA. Instituto Para la diversificación y ahorro de la Energía, Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España, España, 2007.

Manual de diseño para infraestructuras de ciclovías de Lima y Callao, 2000.

Manual de diseño y construcción del espacio público de Bucaramanga. 2013.

Manual de señalización vial, dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia. Bogotá D.C., mayo de 2004

Manual integral de movilidad ciclística para ciudades mexicanas, red de movilidad de bicicletas tomo III.

Manual integral de movilidad ciclística para ciudades mexicanas, Infraestructura tomo IV.

OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ. Indicadores [en línea]. S.f. [Citado 20 feb 2014]. Disponible en Internet: <URL:<http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml?s=l&id=272>>

OBSERVATORIO GEOMÁTICA. Sistema de Información de la movilidad y el espacio público urbano de Bucaramanga [en línea]. S.f. [Citado 20 nov 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://garza.uis.edu.co/sigbucaramanga/index.html>>

Plan directo de movilidad ciclística I, 2010-2015.

Plan directo de movilidad ciclística II, 2010-2015.

PRADA ARDILA, Oscar y GÓMEZ MÓNOGA, Camilo. Propuesta de un sistema de bicicletas públicas para la Universidad Industrial de Santander en las sedes de Bucaramanga. Proyecto de grado, Bucaramanga, UIS, 2014.

Revisión y actualización del plan maestro de ciclovías y plan de obras, Chile.

SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD. Informe de Indicadores Encuesta de movilidad de Bogotá 2011.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan maestro de movilidad de Bucaramanga 2010– 2030.

VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE. Economic Evaluation Transportation Cost and Benefit Analysis Techniques. Estimates and Implications, 2010

## ANEXOS

### Anexo A. Resultados de la simulación en TransModeler, en el horario de 7:30 am a 8:30 am.

Corredor	Tiempo Promedio de Viaje sin SBP	Tiempo Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Av Q Seca	12,68	14,20	25,79	25,73
Cra 25 N-S	3,62	3,55	21,85	25,92
Cra 25 N-S	4,13	5,68	33,57	31,44
Cra 25 S-N	6,29	2,46	10,24	22,61
Cra 25 S-N	7,21	6,24	14,78	10,20
CL 14	3,22	3,95	21,84	21,77
CL 14	3,47	3,67	23,34	22,34
Cra 27 Entrada Uis	6,45	5,62	26,08	25,05
CL 24 N-S	3,68	3,59	23,75	23,88
CL 24 N-S	4,88	4,65	21,85	22,28
CL 24 S-N	3,93	3,77	23,27	25,46
CL 24 S-N	5,10	7,15	23,92	24,08
CL 11 N-S	4,52	4,51	19,97	19,53
CL 11 N-S	3,85	3,80	13,68	13,90
CL 11 S-N	5,54	6,32	6,57	6,93
CL 11 S-N	1,32	1,38	14,83	13,93
Cra 30 con Calle 14	7,37	7,41	24,35	24,11
Cra 30 con Calle 14	4,58	7,57	23,49	24,23

Corredor	Tiempo Promedio de Viaje sin SBP	Tiempo Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Cra 30 con Calle 14	5,96	5,97	24,34	24,02
'Cra 30 con Calle 14	7,46	7,46	24,07	24,39
'Cra 30 con Calle 14	0,81	0,83	24,84	24,85
'Cra 30 con Calle 14	7,65	7,56	24,37	25,59
'Cra 30 con Calle 14	7,79	7,73	24,46	23,60
'Cra 30 con Calle 14	18,82	18,67	7,99	8,91
Cra 30 N-S	4,09	3,87	15,92	16,74
Cra 30 N-S	0,21	0,05	4,48	16,15
Cra 30 N-S	7,84	7,67	23,55	24,15
Cra 30 N-S	6,07	6,52	24,66	21,58
Cra 30 N-S	6,91	7,12	26,95	24,51
Cra 30 N-S	7,30	7,95	10,68	10,13
Cra 30 N-S	0,27	0,30	27,29	22,20
Cra 30 N-S	0,56	0,56	22,45	27,77
Cra 30 N-S	14,11	15,27	7,36	9,01
Cra 30 N-S	6,62	6,14	19,91	23,23
Cra 30 N-S	2,02	1,95	19,12	19,59
Cra 30 S-N	1,32	1,31	25,00	23,41
Cra 30 S-N	7,57	7,40	24,85	24,18
Cra 30 S-N	3,00	3,62	16,23	14,99

Corredor	Tiempo Promedio de Viaje sin SBP	Tiempo Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Cra 30 S-N	3,12	3,11	25,83	26,25
Cra 30 S-N	1,27	0,81	8,08	15,43
Cra 30 S-N	5,40	5,77	18,01	16,32
Cra 31N-S	6,90	6,78	25,72	23,33
Cra 31N-S	2,57	2,44	19,56	25,00
Cra 31N-S	7,80	7,04	23,33	26,41
Cra 31N-S	3,98	4,00	22,70	22,62
Cra 31S-N	7,65	7,01	22,01	24,86
Cra 31S-N	6,93	7,32	24,40	31,09
Cra 31S-N	6,25	6,68	27,70	28,91
Glorieta Estadio	0,09	0,10	28,12	23,07
Glorieta Estadio	2,00	2,12	24,77	23,99
Glorieta Estadio	3,06	2,71	22,66	22,98
Glorieta Estadio	0,04	0,04	28,60	32,20
Glorieta Estadio	0,56	0,57	19,48	18,90
Glorieta Estadio	0,49	0,76	29,99	18,74
Glorieta Estadio	0,01	0,04	32,95	20,41
Glorieta Estadio	0,51	0,67	26,66	22,02
Glorieta Estadio	0,58	0,81	20,27	19,51
<b>Promedio Total</b>	<b>4,18</b>	<b>4,25</b>	<b>19,10</b>	<b>19,29</b>

**Anexo B. Resultados de la simulación en TransModeler, en el horario de 11:45 am a 12:45 am.**

Corredor	Tiempo Promedio de Viaje Sin SBP	Tiempo Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Av Q Seca	14,06	14,37	24,92	23,32
Cra 25 N-S	3,44	3,64	22,02	24,67
Cra 25 N-S	3,02	3,15	22,97	26,16
Cra 25 S-N	5,30	5,75	26,85	27,58
Cra 25 S-N	6,89	12,59	11,94	7,96
CL 14	3,99	3,96	21,17	21,31
CL 14	3,69	3,75	21,91	21,89
Cra 27 Entrada Uis	5,98	6,43	29,83	22,71
CL 24 N-S	18,70	18,93	5,08	5,48
CL 24 N-S	21,55	21,37	4,98	4,28
CL 24 S-N	18,26	17,29	5,25	5,76
CL 24 S-N	33,48	33,33	5,35	5,28
CL 11 N-S	4,51	5,86	19,18	15,29
CL 11 N-S	3,86	4,63	14,52	11,37
CL 11 S-N	6,21	6,16	6,51	6,27
CL 11 S-N	1,35	1,73	13,34	11,27
Cra 30 con Calle 14	7,27	7,43	25,31	24,55
Cra 30 con Calle 14	7,49	7,66	24,45	24,24
Cra 30 con Calle 14	6,09	6,03	23,61	24,25
Cra 30 con Calle 14	7,36	7,51	25,20	24,37
Cra 30 con Calle 14	0,81	0,82	23,65	23,70
Cra 30 con Calle 14	7,51	7,70	24,61	23,84
Cra 30 con Calle 14	7,64	7,85	24,95	23,77

Corredor	Tiempo Promedio de Viaje Sin SBP	Tiempo Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Cra 30 con Calle 14	18,31	18,95	7,45	8,25
Cra 30 N-S	3,82	3,70	17,71	17,79
Cra 30 N-S	0,04	0,02	13,55	17,55
Cra 30 N-S	7,70	7,88	23,79	23,48
Cra 30 N-S	7,74	9,42	19,57	16,17
Cra 30 N-S	7,34	7,53	26,27	25,58
Cra 30 N-S	9,54	9,46	9,49	8,86
Cra 30 N-S	0,30	0,30	24,52	22,90
Cra 30 N-S	0,56	0,57	24,84	23,09
Cra 30 N-S	30,31	29,78	5,43	5,59
Cra 30 N-S	9,69	10,43	13,73	12,51
Cra 30 N-S	2,08	2,12	19,45	18,61
Cra 30 S-N	1,33	1,36	24,19	24,54
Cra 30 S-N	7,42	7,61	24,92	23,78
Cra 30 S-N	3,33	3,58	32,22	22,56
Cra 30 S-N	3,13	3,17	24,55	24,58
Cra 30 S-N	0,77	0,68	16,50	18,76
Cra 30 S-N	5,69	6,71	16,43	14,67
Cra 31N-S	7,02	6,97	25,88	22,71
Cra 31N-S	2,50	2,36	24,33	24,47
Cra 31N-S	7,22	7,56	25,62	24,04
Cra 31N-S	4,04	4,09	21,01	23,79
Cra 31S-N	7,13	7,40	25,30	25,34
Cra 31S-N	6,86	6,96	31,89	27,18
Cra 31S-N	7,25	7,33	24,43	21,99
Glorieta Estadio	0,10	0,09	25,19	26,79

Corredor	Tiempo Promedio de Viaje Sin SBP	Tiempo Promedio de Viaje con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Glorieta Estadio	1,10	1,09	26,19	27,79
Glorieta Estadio	2,10	2,09	27,19	28,79
Glorieta Estadio	3,10	3,09	28,19	29,79
Glorieta Estadio	4,10	4,09	29,19	30,79
Glorieta Estadio	5,10	5,09	30,19	31,79
Glorieta Estadio	6,10	6,09	31,19	32,79
Glorieta Estadio	7,10	7,09	32,19	33,79
Glorieta Estadio	8,10	8,09	33,19	34,79
<b>Promedio Total</b>	<b>6,19</b>	<b>6,42</b>	<b>18,96</b>	<b>18,52</b>

**Anexo C. Resultados de la simulación en TransModeler, en el horario de 5:30 pm a 6:30 pm.**

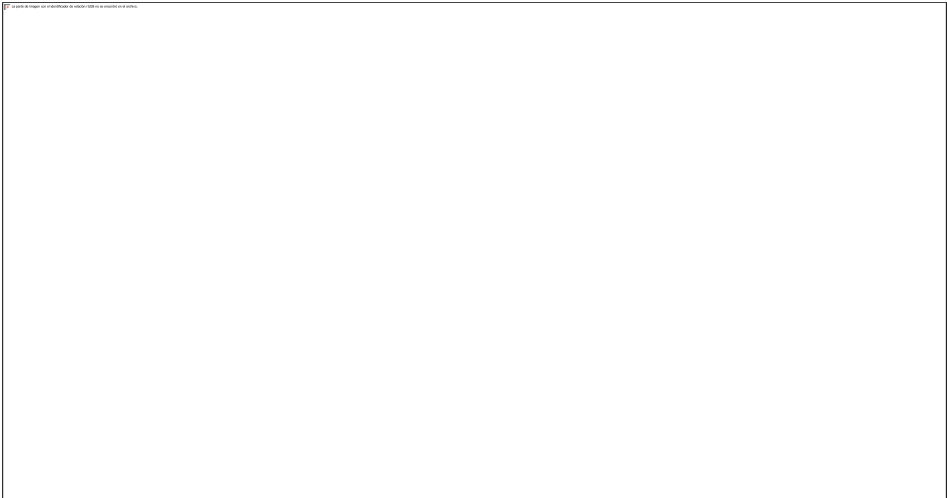
CORREDOR	Tiempo Promedio De Viaje Sin SBP	Tiempo Promedio De Viaje Con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Av Q Seca	14,00	14,24	25,50	25,38
Cra 25 N-S	3,52	3,76	21,20	25,62
Cra 25 N-S	3,12	3,26	24,54	24,35
Cra 25 S-N	6,04	5,58	23,02	25,39
Cra 25 S-N	6,12	7,54	21,40	14,83
CL 14	4,14	4,00	20,42	21,14
CL 14	3,73	3,73	21,53	21,62
Cra 27 Entrada Uis	6,18	5,44	25,38	29,41
CL 24 N-S	4,38	3,67	23,81	22,48
CL 24 N-S	4,62	10,38	22,05	9,75
CL 24 S-N	3,77	5,35	26,22	15,83
CL 24 S-N	7,19	8,20	24,34	20,28
CL 11 N-S	4,78	4,35	18,21	19,13
CL 11 N-S	3,99	3,85	13,07	14,83
CL 11 S-N	6,02	6,86	7,29	6,84
CL 11 S-N	1,36	1,29	13,16	14,84
Cra 30 con Calle 14	7,46	7,25	24,82	25,10
Cra 30 con Calle 14	7,69	7,47	24,25	24,54
Cra 30 con Calle 14	6,05	5,87	23,78	25,39

CORREDOR	Tiempo Promedio De Viaje Sin SBP	Tiempo Promedio De Viaje Con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
'Cra 30 con Calle 14	7,56	7,37	24,07	24,39
'Cra 30 con Calle 14	0,82	0,81	24,74	24,09
'Cra 30 con Calle 14	7,72	7,49	23,81	23,51
'Cra 30 con Calle 14	7,87	7,64	23,47	24,07
'Cra 30 con Calle 14	18,97	18,65	7,98	8,11
Cra 30 N-S	3,77	3,74	17,33	17,75
Cra 30 N-S	0,07	0,03	13,00	19,86
Cra 30 N-S	7,88	7,61	23,55	23,99
Cra 30 N-S	8,13	8,93	20,65	17,34
Cra 30 N-S	7,43	7,56	24,64	25,94
Cra 30 N-S	9,30	9,72	9,32	8,57
Cra 30 N-S	0,30	0,30	21,78	23,20
Cra 30 N-S	0,56	0,58	24,71	24,04
Cra 30 N-S	16,16	24,72	8,90	6,48
Cra 30 N-S	6,50	12,26	22,17	11,08
Cra 30 N-S	2,01	2,11	19,44	18,88
Cra 30 S-N	1,34	1,36	22,77	22,32
Cra 30 S-N	7,61	7,36	23,65	25,04
Cra 30 S-N	3,32	3,20	29,76	22,30
Cra 30 S-N	3,18	3,13	25,70	25,16
Cra 30 S-N	5,68	5,65	16,69	17,16

CORREDOR	Tiempo Promedio De Viaje Sin SBP	Tiempo Promedio De Viaje Con SBP	Velocidad Promedio de Viaje sin SBP	Velocidad Promedio de Viaje con SBP
	[S]	[S]	[m/s]	[m/s]
Cra 30 S-N	0,79	0,72	16,07	17,73
Glorieta Estadio	0,09	0,09	26,39	25,21
Glorieta Estadio	2,11	2,13	24,13	24,80
Glorieta Estadio	2,79	2,66	22,27	24,07
Glorieta Estadio	0,05	0,04	29,69	27,81
Glorieta Estadio	0,58	0,57	19,18	19,44
Glorieta Estadio	0,59	0,59	26,85	26,83
Glorieta Estadio	0,02	0,02	24,73	25,83
Glorieta Estadio	0,55	0,57	25,65	23,87
Glorieta Estadio	0,78	0,79	21,65	20,97
<b>Promedio Total</b>	<b>4,19</b>	<b>4,57</b>	<b>18,75</b>	<b>18,19</b>

**Anexo D. Análisis de Resultados promedio de viaje**

Velocidad promedio de viaje



Tiempo promedio de viaje

