UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño geométrico de ciclovía en la Av. Cáceres en el tramo entre la Av. Vice en Piura y la Av. Irazola en Castilla

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Pedro Luis Barrientos Sandoval
Juan Jose Santamaria Dionicio

Asesor(es):
Mgtr. Ing. Jorge Alberto Araujo Ñopo
Ing. Jenny Carolina Sánchez Ramírez

Piura, noviembre de 2022

NOMBRE DEL TRABAJO

Diseño geom ciclovía Av Cáceres-Vice-Irazola 1.pdf

RECUENTO DE PALABRAS

22750 Words

RECUENTO DE CARACTERES

128481 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

138 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.3MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 23, 2023 12:16 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 23, 2023 12:18 PM GMT-5

11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base d

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Dedicatoria

A Dios, nuestro creador, por permitirnos superar todos los obstáculos que nos ha puesto la vida.

A nuestros padres y hermanos por la confianza que depositaron en nosotros y su constante empuje en el cumplimiento de esta meta.

A nuestros asesores, ingenieros Jenny Sánchez y Jorge Araujo por su dedicación y acertados consejos, valoramos su apoyo y estamos muy agradecidos porque somos conocedores de que tomaron gran parte de su valioso tiempo en ayudarnos a concretar esta investigación.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Resumen

La presente investigación denominada "Diseño geométrico de ciclovía en la Av. Cáceres en el tramo entre la Av. Vice en Piura y la Av. Irazola en Castilla" tiene como objetivo proponer una ciclovía como medio de transporte viable que interconectará dos distritos; para desarrollarla, se han utilizado los criterios de diseño del "Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo -inclusiva y guía de circulación del ciclista" y "La guía de implementación de sistemas de transporte sostenible no motorizado".

El diseño de la ciclovía se realizó en seis pasos: primero se seleccionó un tramo de la avenida Cáceres basado en los criterios de capacidad y servicio eficiente, seguridad y funcionalidad; como segundo paso se señalaron las características de la vía teniendo en cuenta la velocidad del ciclista, el espaciamiento y la ubicación de la ciclovía, para ello se tomó el perfil de elevación longitudinal y se determinó una velocidad de diseño de 15km/h; el tercer paso incluye el diseño de la ciclovía, se establecieron las dimensiones de las secciones transversales incluyendo las veredas; en el cuarto paso se diseñaron los cicloparqueaderos ubicados en zonas de alto flujo, cercanos a los centros comerciales, ubicados en una zona visible y segura; en el quinto paso se calculó el diagrama de fases vehicular de las intersecciones viales que conforman la propuesta de la ciclovía, para lo cual se necesitó el conteo vehicular y flujograma de cada intersección; en el sexto paso se definieron las señalizaciones horizontales y verticales a lo largo de la vía; además, para establecer la viabilidad técnica del diseño geométrico se realizó una simulación en PTV Vissim para determinar el comportamiento de la ciclovía en condiciones de máxima congestión vehicular como es el caso de la intersección ubicada entre las avenidas Cáceres e Irazola.

La ciclovía propuesta está compuesta de cinco tramos: el primer tramo, ubicado entre las avenidas Vice y Sullana, cuenta con un separador central de 4 metros y dos carriles unidireccionales de 1,5 m de ancho; el segundo tramo, entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica, cuenta con un separador de 8,8 m y se proyectan dos carriles unidireccionales de 1,8 m; el tercer tramo, entre las avenidas Ramón Mugica hasta la altura de la calle Fortunato Chirichigno, cuenta con un separador de 7,3 m y dos carriles unidireccionales de 1,8 m; el cuarto tramo está ubicado en el puente Cáceres, con un separador de 6 m y dos carriles bidireccionales de 2 metros; finalmente, el quinto tramo, entre puente Cáceres y la avenida Irazola, cuenta con un separador de 7,35 m y se diseñaron dos carriles unidireccionales de 2 metros cada uno.

Aumentar el número de carriles para descongestionar una vía no es la solución, sino implementar transportes alternativos como la ciclovía, esta alternativa de transporte disminuirá la congestión vehicular, motivará que más personas usen la bicicleta ya sea como medio de trasporte o recreativo, mejorará la imagen del espacio público, reducirá los gastos de transporte y contribuirá con el medioambiente.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Tabla de contenido

Introducción **19**

Capítulo 1 Marco teórico **21**
1.1 Las ciclovías 21
1.1.1 Definición 21
1.1.2 Tipos de ciclovía 21
1.1.3 Requisitos de una ciclovía 24
1.1.4 Sistema vial para bicicletas 24
1.1.5 El transporte sostenible 26
1.2 El uso de la bicicleta 26
1.2.1 Ventajas de la bicicleta en la movilidad urbana 26
1.2.2 Desventajas de la bicicleta en la movilidad urbana 27
1.3 Instrumentos de recolección de datos 27
1.4 Criterio de diseño geométrico de ciclovías 28
1.4.1 Ancho de vía 28
1.4.2 Velocidad vehicular 29
1.4.3 Pendiente longitudinal 29
1.4.4 Intersecciones viales 30
1.4.5 Señalización 31
1.4.6 Ciclo parqueaderos 37
1.5 Semaforización 38
1.5.1 Requisitos para la instalación de semáforos 38
1.5.2 Tipos de semáforos 39
1.5.3 Diagrama de fases semafórico 40

Capítulo 2 Estudio del área de influencia **45**
2.1 Ubicación 45
2.2 Clima 46
2.3 Densidad poblacional y uso de la zona de estudio 47
2.4 Vía en estudio 48
2.5 Puntos de atracción en la zona de estudio 50
2.5.1 Centros de atracción de la ciclovía propuesta 51

2.6 Modo de transporte en la zona de estudio 53

Capítulo 3 Diseño de la ciclovía 55
3.1 Diseño geométrico de la ciclovía 55
3.1.1 Selección del tramo de la ciclovía a estudiar 55
3.1.2 Clasificación de la avenida Cáceres 55
3.2 Diseño y dimensionamiento de ciclovía 56
3.2.1 Diseño por tramos 56
3.2.2 Diseño en intersecciones viales 66
3.3 Estacionamiento 69
3.4 Semaforización en intersecciones 70
3.4.1 Recolección de datos 70
3.4.2 Diseño de diagrama de fase vehicular y peatonal - escenario normal 73
3.4.3 Diagrama de fases vehicular con presencia de ciclovía 87
3.4.4 Comparativo de diagrama de fases con y sin presencia de ciclovía 93
3.5 Señalización 94
3.6 Simulación de ciclovía en PTV Vissim 95
3.6.1 Representación simulada de la vía sin ciclovía 96
3.6.2 Representación simulada de la vía con ciclovía 104
3.6.3 Influencia de la presencia de la ciclovía en la simulación con PTV Vissim 107

Conclusiones 111

Recomendaciones 113

Referencias bibliográficas 115

Apéndices 119
Apéndice A. Conteo vehicular 121
Apéndice A.1. Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Vice 121
Apéndice A.2 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Sullana 121
Apéndice A.3 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Ramón Mujica 122
Apéndice A.4 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida San Ramón 122
Apéndice A.5 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Guillermo Irazola 123

Anexos **125**
Anexo A. Norma técnica de obras especiales y complementarias 127

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Lista de tablas

Tabla 1. Jerarquización de vías según su función 25
Tabla 2. Tipología ciclista 26
Tabla 3. Dimensiones estándar de ancho libre de circulación por tipo de infraestructura 29
Tabla 4. Tipo de infraestructura recomendada según las condiciones de velocidad y volumen vehicular de la vía 29
Tabla 5. Señales reglamentarias recomendaciones en infraestructura ciclo vial 32
Tabla 6. Señales reglamentarias extras propuestas 32
Tabla 7. Señales preventivas orientadas al conductor motorizado 33
Tabla 8. Señales preventivas orientadas al ciclista 33
Tabla 9. Señales informativas propuestas adicionales 34
Tabla 10. Demarcaciones de vías segregadas y ciclo carriles 34
Tabla 11. Pictograma y las flechas en las ciclovías, ciclo carriles o ciclo aceras con más de un carril de circulación demarcados con una línea continua o segmentada 35
Tabla 12. Señales de detención en ciclovía, ciclo carril o ciclo acera 35
Tabla 13. Especificaciones de estas señales horizontales 36
Tabla 14. Bordillos separadores 36
Tabla 15. Volúmenes vehiculares mínimos para la implementación de un semáforo 38
Tabla 16. Volúmenes mínimos para interrupción de tránsito continuo 39
Tabla 17. Factores de conversión a unidades vehiculares equivalentes 41
Tabla 18. Número de fases en la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice 74
Tabla 19. Número de fases en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 74
Tabla 20. Número de fases en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 75
Tabla 21. Número de fases en la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 75
Tabla 22. Número de fases en la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola 76
Tabla 23. Volúmenes equivalentes de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice 77

Tabla 24. Volúmenes equivalentes de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 77
Tabla 25. Volúmenes equivalentes de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 77
Tabla 26. Volúmenes equivalentes de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 77
Tabla 27. Volúmenes equivalentes de la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola 78
Tabla 28. Tiempo entre verdes de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice 78
Tabla 29. Tiempo entre verdes de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 79
Tabla 30. Tiempo entre verdes de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 79
Tabla 31. Tiempo entre verdes de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 79
Tabla 32. Tiempo entre verdes de la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola 79
Tabla 33. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice 80
Tabla 34. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 80
Tabla 35. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 80
Tabla 36. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 80
Tabla 37. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola 81
Tabla 38. Semaforización peatonal en la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice 82
Tabla 39. Semaforización peatonal en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 82
Tabla 40. Semaforización peatonal en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Múgica 83
Tabla 41. Semaforización peatonal en la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 83
Tabla 42. Semaforización peatonal en la intersección 5 de las avenidas Cáceres e Irazola 83
Tabla 43. Distribución de tiempos de fases para la intersección 1 y 2 de la prolongación Cáceres y las avenidas Vice y Sullana 83
Tabla 44. Distribución de tiempo de fases para la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 84

Tabla 45. Distribución de tiempo de fases para la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 85
Tabla 46. Distribución de tiempo de fases para la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola 86
Tabla 47. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 87
Tabla 48. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 87
Tabla 49. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 87
Tabla 50. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola 88
Tabla 51. Tiempo entre verdes incorporando la ciclovía en la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Sullana 88
Tabla 52. Tiempo entre verdes incorporando la ciclovía en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 88
Tabla 53. Tiempo entre verdes incorporando la ciclovía en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y San Ramón 89
Tabla 54. Tiempo entre verdes de la intersección 4 de las avenidas Cáceres con Irazola 89
Tabla 55. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 90
Tabla 56. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Múgica 91
Tabla 57. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 91
Tabla 58. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola 93
Tabla 59. Señalizaciones verticales requeridas 95
Tabla 60. Señales horizontales requeridas 95

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Lista de figuras

Figura 1. Ciclovía compartida 22
Figura 2. Ciclovía no segregada tipo ciclocarril 22
Figura 3. Ciclovías unidireccional y bidireccional 23
Figura 4. Modelo de cicloaceras 23
Figura 5. Modelo de ciclosenda 24
Figura 6. Pasos para realizar pronósticos de tráfico 28
Figura 7. Bicicleta de carretera y urbana 31
Figura 8. Dimensiones de ciclo parqueadero 38
Figura 9. Diagrama de fase vehicular 41
Figura 10. Diagrama de fases peatonal respecto al diagrama vehicular 43
Figura 11. Ubicación de Piura 45
Figura 12. Ubicación de la ciudad de Piura 46
Figura 13. Distribución anual de la lluvia y la temperatura en Piura 46
Figura 14. Población de la Región Piura según censo 2017 47
Figura 15. Distribución poblacional por distritos más representativos de la región Piura 47
Figura 16. Densidad poblacional de Piura 48
Figura 17. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. Vice y Av. Sullana 49
Figura 18. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. Sullana y Av. Ramón Mugica 49
Figura 19. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. Ramón Mugica y Av. San Ramón 49
Figura 20. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. San Ramón y Av. Irazola 50
Figura 21. Zonificación de la ciudad de Piura según el uso 50
Figura 22. Punto de atracción – centro comercial Real Plaza 51
Figura 23. Punto de atracción – Zona de bancos 51
Figura 24. Punto de atracción – Institución Educativa 52
Figura 25. Punto de atracción - Gobierno Regional de Piura 52
Figura 26. Punto de atracción – centro comercial Open Plaza 52
Figura 27. Distribución modal de vehículos disponibles para viajar 53
Figura 28. Perfil de elevación longitudinal de la zona de estudio 57
Figura 29. Vista de planta tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana 58

Figura 30. Sección real de vía. Tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana 58
Figura 31. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana 59
Figura 32. Vista de planta tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica 60
Figura 33. Sección real de vía. Tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica 60
Figura 34. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica 61
Figura 35. Vista de planta tramo 3 entre la avenida Ramón Mugica y calle Chirichigno 61
Figura 36. Sección real de vía. Tramo 3 entre avenida Ramón Mugica y calle Chirichigno 62
Figura 37. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 3 entre la avenida Ramón Mugica y calle Chirichigno 62
Figura 38. Vista de planta tramo 4 en el puente Cáceres 63
Figura 39. Sección real de plataforma del puente Cáceres 63
Figura 40. Fotografía del puente Cáceres 64
Figura 41. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 4 en el puente Cáceres 64
Figura 42. Vista de planta tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Irazola 65
Figura 43. Sección real de vía. Tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Irazola 65
Figura 44. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Irazola 65
Figura 45. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Vice 66
Figura 46. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Sullana 67
Figura 47. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 67
Figura 48. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón 68
Figura 49. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Irazola 68
Figura 50. Sección de vía adicionando ciclo parqueadero en el tramo 2 69
Figura 51. Vista de planta de ciclo parqueadero en el tramo 2 69
Figura 52. Flujo vehicular representativo en cada una de las intersecciones de la ciclovía propuesta 70
Figura 53. Flujograma de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice 71
Figura 54. Flujograma de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 71
Figura 55. Flujograma de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 72
Figura 56. Flujograma de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 72
Figura 57. Flujograma de la intersección 5 de las de las avenidas Cáceres con Irazola 73
Figura 58. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 1 y 2 de la prolongación Cáceres con las avenidas Vice y Sullana 84

Figura 59. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 85
Figura 60. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón 85
Figura 61. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola 86
Figura 62. Diagrama de fases vehicular y peatonal incorporando la ciclovía en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana 90
Figura 63. Diagrama de fases vehicular y peatonal incorporando la ciclovía en la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica 92
Figura 64. Diagrama de fases vehicular y peatonal incorporando la ciclovía en la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón 92
Figura 65. Diagrama de fases vehicular incorporando la ciclovía en la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola 93
Figura 66. Influencia de la ciclovía en el ciclo semafórico 94
Figura 67. Influencia de la ciclovía en el tiempo de fases para la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola 94
Figura 68. Interfaz del programa PTV Vissim 96
Figura 69. Búsqueda de localización 96
Figura 70. Creación ''links' para carreteras 97
Figura 71. Menú de cambios de Link 97
Figura 72. Creación del enlace 98
Figura 73. Empalme de secciones 98
Figura 74. Crear cambios de dirección de los giros 99
Figura 75. Vista de tramos en 3D 99
Figura 76. Composición del vehículo 100
Figura 77. Configuración de la velocidad e incidencia 100
Figura 78. Composiciones vehiculares 101
Figura 79. Asignación de rutas 101
Figura 80. Creación de señales de control 101
Figura 81. Creación de semáforos 102
Figura 82. Secuencia de luces 102
Figura 83. Tiempos del color verde de cada semáforo 103
Figura 84. Simulación del tráfico con semaforización sin ciclovía 103
Figura 85. Señalización de paso de cebra 104
Figura 86. Uso de Static 3D Models 104
Figura 87. Incorporación de bicicletas al sistema 105
Figura 88. Uso de *vehicle compositions* para bicicletas 105
Figura 89. Asignación de velocidad 106
Figura 90. Uso de *vehicule imputs* 106

Figura 91. Modelación final de la ciclovía: intersección de las avenidas Cáceres e Irazola.....107
Figura 92. Tiempo de viajes en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola.....107
Figura 93. Tiempo de demora en la intersección de las avenidas Cáceres e Irazola.....108
Figura 94. Velocidad promedio en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola.....108
Figura 95. Emisiones de CO2 en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola....109

Introducción

El presente trabajo de investigación denominado "Diseño geométrico de ciclovía en la Av. Cáceres en el tramo entre la Av. Vice en Piura y la Av. Irazola en Castilla" busca mejorar la vialidad de vehículos menores que día a día se exponen a los peligros asociados al caótico tráfico vehicular; esta propuesta contribuirá con la salud física y mental de los ciclistas, servirá de recreación durante los fines de semana, minimizará el ruido, mejorará la calidad del aire, servirá para una integración social de los ciudadanos de diferentes edades y estatus socioeconómicos y creará un espacio de igualdad entre los usuarios de la vía.

Este trabajo se ha diseñado en tres capítulos: El primer capítulo se refiere al marco teórico donde se definen las ciclovías, sus tipos y se justifica como un transporte sostenible. Asimismo, se explican las ventajas y desventajas del uso de la bicicleta como movilidad urbana y se presentan los instrumentos de recolección de datos, así como los criterios para el diseño geométrico de las ciclovías y el diseño de diagrama de fases.

En el segundo capítulo se presenta el área de influencia del diseño, iniciando con la ubicación de la zona de estudio, sus características climáticas, densidad poblacional y uso del suelo de la zona de estudio.

En el tercer capítulo se diseña la ciclovía incorporando los requisitos mínimos de seguridad, directividad, coherencia, comodidad y atractividad. Por las características de la vía, se establecen tramos de estudio, determinándose el ancho de vía, la velocidad máxima del ciclista, el perfil longitudinal de la pendiente, las señalizaciones y la semaforización; asimismo, se simula la vía en la esquina de mayor tráfico, y se incorpora la ciclovía propuesta con la ayuda del PTV Vissim.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones a tener en consideración para dar viabilidad de esta propuesta.

Esta idea de mejoramiento vial tiene su correlato en otros países de la región, siendo originalmente concebida en Bogotá, Colombia, por los años setenta, época en las que se cerraba el pase a los vehículos mayores los domingos, para dar paso a los ciclistas (Boop, et al., 2018).

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 1
Marco teórico

1.1 Las ciclovías

Desde mayo del 2019, mediante D.L 30936 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), se viene promoviendo el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible con el objeto de establecer medidas de promoción y regulación para el uso de la bicicleta; a partir de entonces, se implementaron políticas públicas de diseño de obras de infraestructura vial promoviendo la planificación urbana y rural a favor del uso de la bicicleta para un transporte sostenible, eficiente y que contribuya en la preservación del ambiente (El Peruano, 2019).

1.1.1 *Definición*

Según la Real Academia Española (2021), una ciclovía es una vía pública, un carril destinado exclusivamente a la circulación de bicicletas.

Para Haro (2015), la ciclovía es una parte de la infraestructura pública que se destina al uso de la bicicleta, ya sea ésta de manera independiente o de uso compartido con peatones o vehículos de motor.

1.1.2 *Tipos de ciclovía*

Según el "Manual de normas técnicas para la construcción de ciclovías y Guía de circulación de bicicletas", aprobado con resolución N° 311-2017 (Municipalidad de Lima, 2017), existen tres tipos de ciclovías:

1.1.2.1 Ciclovías no segregadas o compartidas: se desarrolla en calzadas de baja velocidad y volumen del tráfico motorizado. El ciclista puede circular en el mismo sentido con los demás usuarios motorizados, a una velocidad máxima de 30 km/h. Estas vías se localizan al interior de los barrios, zonas residenciales o centros históricos o con bajos volúmenes vehiculares. Se dividen en dos tipos: vías compartidas y ciclocarril.

1. **Vías o carriles compartidos**: de sección vial reducida, calmado tráfico y baja velocidad, con señalización horizontal y vertical, e indicaciones de uso y velocidad permitida (ver Figura 1).

Figura 1. Ciclovía compartida

***Nota*. Adaptado de Municipalidad de Lima (2017)**

2. **Ciclocarril:** es una franja unidireccional delimitada por dos líneas para la circulación de bicicletas. El pavimento del ciclocarril puede estar pintado con color contrastante para mejorar la visibilidad de los ciclistas (ver figura 2).

Figura 2. Ciclovía no segregada tipo ciclocarril

***Nota*. Adaptado de Municipalidad de Lima (2017)**

1.1.2.2 Ciclovías segregadas: son espacios en el perfil vial reservados para la circulación en bicicleta, que pueden estar integrados a la calzada, a la vereda o al separador lateral o central, ya sean unidireccionales o bidireccionales, y están segregadas del tránsito motorizado y de los peatones. Permiten conectar diferentes sectores de la ciudad y cubren grandes distancias, y se dividen en ciclovías, cicloaceras y ciclosendas.

1. **Ciclovía**: está integrada al nivel de la calzada o al separador lateral o central, y se prefiere porque hace más cómoda y directa la ruta del ciclista, puede ser bidireccional o unidireccional. Cuando es unidireccional, se localiza preferiblemente en el costado derecho de la vía, en el mismo sentido del flujo vehicular. Las bidireccionales se prefiere en avenidas, donde se dificulta el paso a nivel de un lado al otro de la vía y por ende se requieren desplazamientos en ambos sentidos de un mismo costado, en alamedas, parques o corredores verdes (ver Figura 3).

Figura 3. Ciclovías unidireccional y bidireccional

***Nota*. Adaptado de Municipalidad de Lima (2017)**

2. **Cicloacera:** por estar integradas a la vereda o en espacios compartidos con peatones, se deben planear en entornos con bajo flujo peatonal o que cuenten con el ancho necesario para garantizar la circulación cómoda y segura tanto de ciclistas como de peatones (ver Figura 4). Es necesario reducir al mínimo los cambios de nivel (rampas con pendientes máximas del 8%).

Figura 4. Modelo de cicloaceras

***Nota*. Adaptado de Municipalidad de Lima (2017)**

3. **Ciclosendas**: no siguen el trazado de una vía motorizada, sino que están vinculadas a parques lineales, malecones, alamedas, corredores verdes u otra infraestructura donde no circulan vehículos motorizados (ver Figura 5).

Figura 5. Modelo de ciclosenda

***Nota*. Adaptado de Municipalidad de Lima (2017)**

1.1.3 *Requisitos de una ciclovía*

Según el Manual de diseño para el tráfico de bicicletas (Crow, 2011), el diseño de una ciclovía debe cumplir cinco requisitos:

- **Seguridad:** la bicicleta al no tener medios de protección para el usuario y ser vulnerable por compartir espacio con vehículos motorizados, se debe influir en las condiciones de la vía; por ello en condiciones de tráfico rápido, habrá una separación en términos de espacio y tiempo.
- **Directividad:** generalmente la ciclovía se posiciona en una vía arterial que se caracteriza por tener conexiones directas dentro de la ciudad.
- **Coherencia:** debe estar definido el punto de partida y de llegada; los usuarios deben encontrar de forma sencilla los caminos para el acceso y salida de la ciclovía.
- **Comodidad:** debe cumplir con el ancho mínimo para el rebase entre ciclistas, además de contar con presencia de arbolado. La trayectoria debe ser intuitiva y separada de los vehículos automotores.
- **Atractividad:** debe contar con el alumbrado eléctrico y arbolado a lo largo de su trayectoria, manteniendo una estética ambiental atractiva para el usuario.

1.1.4 *Sistema vial para bicicletas*

Un sistema vial para bicicletas se conforma por todas las vías que sirven como soporte para el sistema de transporte de una ciudad, y su diseño se basa en tres aspectos: por su función, forma o uso (Pedalia, 2022).

- Por su función: pueden ser de tránsito y de hábitat, pues está afectado por el tipo de uso de suelo adyacente a esta; este se jerarquiza según la tabla 1.
- Por la forma: tiene que ver con su diseño geométrico y características:

  - Ancho de vialidad
  - Número de carriles
  - Ancho de carriles
  - Dispositivos para regular la velocidad
  - Material de superficie de rodamiento
  - Geometría de intersecciones
- Por el uso va en función de cómo, quién y para qué se usa:
  - Número de peatones que la transitan
  - Número de vehículos que la transitan
  - Tipo de vehículos que la transitan
  - Velocidad a la que se transita

Tabla 1. Jerarquización de vías según su función

Función	Jerarquía	Características	Tipo
Tránsito	Arteria o vías primarias	Conecta las distintas zonas de la ciudad. Velocidad Máx. 50 km/h	• Avenidas primarias • Eje vial • Paseos • Calzadas
	Vías colectoras	Ligar las vías primarias con alas vías de acceso. Velocidad Máx. 50 km/h	Avenidas secundarias
Hábitat	Vías de acceso	Acceso a propiedades y conexión a las vías colectoras. Velocidad Máx. 30 km/h	• Calle residencial • Calle comercial o mixta • Calle industrial • Callejón • Privada • Terracería

***Nota*. Conoce la infraestructura ciclista. (Pedalia, 2022)**

En la tabla 2 se presenta el tipo de infraestructura en base a la función, velocidad y volumen vehicular.

Tabla 2. Tipología ciclista

Diagrama de opciones de tipología ciclista			
Tipo de vialidad	Velocidad máxima de vehículos (km/h)	Volumen de vehículos por día	Tipología de intervención Red secundaria/ Red primaria
Vía interurbana, derechos de vía y áreas verdes	No aplica	No aplica	Infraestructura segregada
Vías de acceso	Hasta 30 km/h	Hasta 4000	Infraestructura compartida
Vías colectoras	Hasta 40 km/h	Mayor de 4000	Infraestructura delimitada (ciclocarril) o Infraestructura ciclista compartida (carril compartido con ciclista)
Arterial	Hasta 50 km/h	Irrelevante	Infraestructura ciclista segregada (ciclovía unidireccional) O infraestructura compartid con ciclista
	Mayor de 50 km/h	Irrelevante	Infraestructura ciclista segregada (ciclovía unidireccional)

***Nota*. Conoce la infraestructura ciclista. (Pedalia, 2022)**

1.1.5 *El transporte sostenible*

El transporte sostenible es un sistema que permite el desplazamiento de personas y mercancías reduciendo los costos sociales y ambientales, garantizando la calidad de vida actual y de las generaciones futuras. No es un simple cambio de fuente de energía, o un menor consumo de petróleo, es también la utilización de otros de medios de transporte como son las bicicletas; ello implica profundas modificaciones en el comportamiento humano, como racionalizar y restringir el uso del vehículo privado, y potenciar el transporte público (Línea Verde, 2022).

1.2 El uso de la bicicleta

La bicicleta generalmente es utilizada para hacer deporte o para actividades recreativas; pero, cada vez son más las personas que deciden usarla como su medio de transporte principal. Hoy en día, la bicicleta es uno de los principales exponentes del transporte sostenible con mayor participación en el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida.

1.2.1 *Ventajas de la bicicleta en la movilidad urbana*

La bicicleta se puede utilizar para desplazarse diariamente al centro de estudios, al trabajo, a los centros comerciales, recreacionales (Municipalidad de Lima, 2017), pero también ofrece las siguientes ventajas a nivel urbano:

- Reduce los tiempos de viaje en una ciudad congestionada

- Promueve la vida saludable
- Es versátil y económico
- Mejora la seguridad vial
- Ayuda a reducir las emisiones de gases efecto invernadero
- Hace una ciudad más amigable para los peatones

1.2.2 *Desventajas de la bicicleta en la movilidad urbana*

Entre las desventajas del uso de la bicicleta en la movilidad urbana se tiene (Azul, 2011):

- No es tan rápida como el auto o la moto
- No es tan segura dentro de la vialidad
- No es respetada en muchos lugares por los automovilistas
- Recorre distancias cortas
- Es fácil objeto de robo
- No hay una ley de tránsito para el uso de la bicicleta
- No tiene un reglamento de derechos y obligaciones sobre uso

1.3 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son herramientas conceptuales o materiales, mediante los cuales se recoge los datos e informaciones, contiene preguntas que serán parte de las preguntas de investigación (Ñaupas, et al., 2018).

En esta investigación se ha utilizado el estudio de tráfico vehicular, el cual tiene como objetivo cuantificar, clasificar y comprender el número de vehículos que transitan por un determinado tramo de carretera, de acuerdo con la nueva "Clasificación de vehículos y estandarización de características registrables", se debe verificar la ruta a estudiar. Determinar las características de diseño de la acera en la vía y los elementos esenciales para la evaluación económica del proyecto vial (MTC, 2021).

Según el Informe 99 del MTC (2021), para realizar pronósticos de tráfico se implementa un proceso que incluye los siguientes elementos:

a) Tasas de crecimiento de viajes: para determinar la tasa de crecimiento de los viajes se considera el grado de participación de variables macroeconómicas y la tasa de crecimiento Inter poblacional de la población afectada por el proyecto.

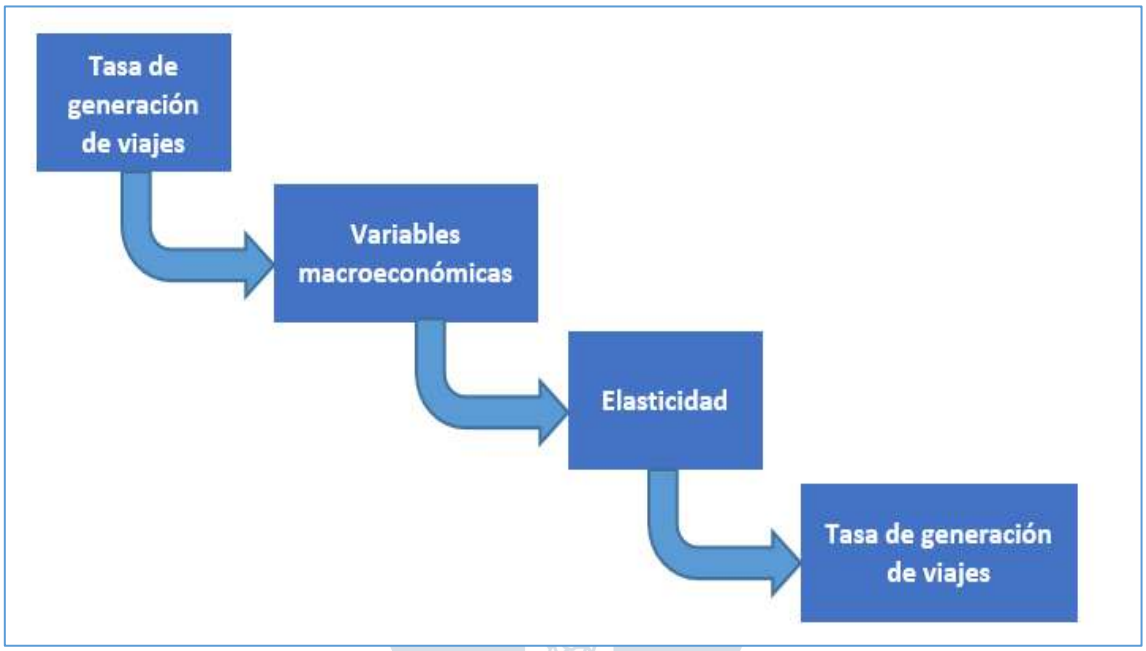
b) Variables macroeconómicas: la tasa de crecimiento se utiliza para pronosticar el tráfico, pero debe tenerse en cuenta que es diferente para vehículos ligeros y transporte de pasajeros.

c) Elasticidad del tráfico: se calcula regresando los datos estadísticos de la flota del departamento de investigación con el PBI y los vehículos utilizados.

d) Tasas de generación de viajes: es la tarifa por tipo de vehículo, resultado del promedio ponderado de las tarifas de viaje pareadas determinadas en la matriz de origen / destino de bienes y pasajeros.

Un esquema del proceso del pronóstico del tráfico se muestra en la figura 6 y el procedimiento se encuentra en el Anexo A.

Figura 6. Pasos para realizar pronósticos de tráfico



***Nota*. Se ha esquematizado los pasos a seguir para el pronóstico del tráfico**

1.4 Criterio de diseño geométrico de ciclovías

El diseño geométrico de una vía necesariamente se realiza en dos etapas, la primera es la etapa de campo, de donde se recoge la información necesaria para pasar a la siguiente etapa, la de gabinete donde se podrán hacer los cálculos precisos de los elementos geométricos que necesite la vía y los criterios técnicos que indiquen las normas nacionales. En esta investigación se han tomado los criterios geométricos establecidos en el Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo inclusiva y la Guía de circulación del ciclista aprobadas por el Ministerio de Transportes y comunicaciones.

1.4.1 *Ancho de vía*

Como primera medida se debe determinar el ancho de movimiento libre requerido según el usuario, el tipo de vehículo y las necesidades de conducción. Estas dimensiones tienen en cuenta la circulación de triciclos, adelantamientos y el ancho recomendado, considerando un aumento de usuarios en horas pico (Municipalidad de Lima, 2017).

En la tabla 3 se presentan las dimensiones estándar de ancho libre de circulación por tipo de infraestructura, cabe mencionar que cualquier tipo de ciclovía ya sea segregada o sin segregar, debe tener un espacio de seguridad que delimite la separación entre la ciclovía y el paso de los vehículos automotores. Estas dimensiones no incluyen el espacio de señalización vertical ni el de seguridad de obstáculos verticales.

Tabla 3. Dimensiones estándar de ancho libre de circulación por tipo de infraestructura

Ancho	Ciclocarril	Ciclovía Unidireccional	Ciclovía Unidireccional (con sobrepaso)	Ciclovía Bidireccional
Mínimo (sin incluir resguardo)	1.40 m	1.60 m	2.0 m	2.8 m
Recomendado	1.80 m	2.00 m	2.40 m	3.2 m

***Nota*. Adaptado de MTC (2021)**

1.4.2 *Velocidad vehicular*

En la tabla 4 se presenta el tipo de infraestructura a construir según las condiciones del entorno vial (velocidad y volumen de los vehículos de motor).

Tabla 4. Tipo de infraestructura recomendada según las condiciones de velocidad y volumen vehicular de la vía

Tipo de vía	Tipo de infraestructura recomendada	Velocidad (máxima permitida) Km/h	Volumen vehicular / día
Vía local o de acceso	Vía compartida	Hasta 30	Hasta 10.000
Vía local o de acceso	Carril compartido	Hasta 30	Hasta 10.000
Vía colectora	Ciclo carril	Hasta 40	Hasta 18.000
Vía colectora	Ciclovía unidireccional	Hasta 60	Mayores a 18.000
Vía arterial	Ciclovía bidireccional (en ambos costados de la vía)	Hasta 60	Mayores a 18.000

***Nota*. Adaptado de MTC (2021)**

1.4.3 *Pendiente longitudinal*

La pendiente longitudinal tiene un efecto directo sobre la velocidad del vehículo. El tramo de la vía que sube tiene pendiente positiva, si el vehículo desciende tiene pendiente negativa. El contorno que representa la longitud de la pista y las respectivas alturas de los puntos principales deben estar conectadas por una curva vertical para permitir una transición cómoda y segura. Para asegurar el drenaje, se recomienda una

pendiente longitudinal mayor 0.5%; a menos que haya muy poca lluvia en la zona y la carretera esté en el terraplén (Doblevía, 2017).

En este manual, la longitud máxima se determina como la "distancia horizontal desde el inicio de la pendiente hasta la altura de 15 metros con respecto al mismo origen", y se denomina longitud crítica de la pendiente, solo para pendientes superiores al 3%. Cuando la longitud de la pendiente es mayor que el valor crítico, se puede evaluar la posibilidad de diseñar un segundo carril ascendente. (Doblevía, 2017).

1.4.4 *Intersecciones viales*

Las intersecciones viales son las regiones de mayor peligro para la estabilidad de los ciclistas, por ello es importante la aplicación de 3 criterios primordiales de diseño de intersecciones (Municipalidad de Lima, 2017):

a) Intersecciones seguras (Municipalidad de Lima, 2017)

- Tienen que asegurar una buena visibilidad tanto de los ciclistas como de los conductores de los vehículos motorizados.
- Tienen que minimizar los puntos de vista de problema entre usuarios, entendiendo que los niveles de prioridad en la vía deben ser considerados en el siguiente orden: peatonal, ciclistas y motorizados.
- Tienen que facilitar la percepción entre los diferentes usuarios para que logren reaccionar con anticipación frente a cualquier peligro de incidente.
- Se debe tener en cuenta la reducción de rapidez y la buena visibilidad como componentes clave de diseño.
- Los cruces deben estar marcados con pintura de color contrastante, de forma que sea simple para el ciclista detectar la conexión con su ruta, y para los motorizados y peatones visualizar o prever el paso predilecto de ciclistas.
- Los cruces deben estar marcados con pintura de color contrastante, de forma que sea simple para el ciclista detectar la conexión con su ruta, y para los motorizados y peatones visualizar o prever el paso predilecto de ciclistas.

b) Intersecciones coherentes

- Con diseños y señalizaciones claras que permitan comprender de forma fácil el camino a continuar.
- La señalética tiene que ser legible y ubicada entre tramos viales para eludir titubeos o desorientación al ciclista.
- Tienen que estar del todo demarcado, no únicamente para dirigir al cliente sino para advertir a peatones y motorizados del paso de ciclistas.

- Deben tener en cuenta la reducción de rapidez y la buena visibilidad como componentes clave de diseño.
- Para la línea de deseo del ciclista, que responde al cruce más directo y coherente, es aconsejable que los planificadores y diseñadores observen y mapeen la conducta de los usuarios recientes para comprender sus necesidades de movilidad.

c) Intersecciones directas

- Tienen que dar fluidez, buena relación entre usuarios y pocos desvíos.
- Tienen que minimizar los tiempos de espera y de recorrido del ciclista, no alargarlos.
- Los campos de visión en las intersecciones o bocacalle deberían estar despejados de cualquier componente que obstruya la perspectiva de quienes transcurren por una vía y de los que se unen o la cruzan.

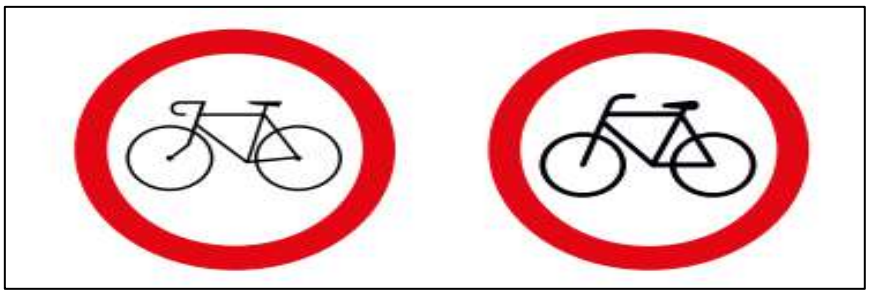
En los cruces semaforizados, se deberán integrar semáforos exclusivos para ciclistas con etapas que otorguen prioridad a peatones y ciclistas. Si el cruce no está semaforizado (como en bocacalles y accesos a predios), se debería minimizar la rapidez de los motorizados y ofrecer continuidad al paso ciclista. No deberán realizar giros a la izquierda de los motorizados. Los radios de giro deberán intentar la reducción de rapidez de los motorizados.

1.4.5 *Señalización*

Los recursos de señalización para ciclovías se dividen en: horizontal (demarcación) y vertical. Se califica en reglamentaria (velocidades máximas, sentidos viales, giros prohibidos), informativa (rutas) y preventiva (giros o regiones de detención) (Municipalidad de Lima, 2017).

1.4.5.1 Señalización vertical. utilizan pictogramas que transmitan el concepto de uso de la bicicleta, un modo de transporte cotidiano y no como un vehículo de recreación o deporte (ver Figura 7).

Figura 7. Bicicleta de carretera y urbana



***Nota*. A la derecha se muestra la bicicleta de carretera y a la izquierda la urbana. (Calderón et al., 2017)**

a) Señalización reglamentaria: El objetivo fundamental de estas es notificar a los usuarios de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones que rigen el uso de

ella y cuyo quebrantamiento constituye un delito. La señalización vertical hace referencia a los dispositivos que se instalan sobre la vía fijadas en postes. Como las que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Señales reglamentarias recomendaciones en infraestructura ciclo vial

R- 1: Pare	**R-2: Ceda el paso**
Detiene a los motorizados y ofrecer prioridad del paso ciclista.	Indica a los motorizados la prioridad del paso ciclista
R-6: Prohibido voltear izquierda	**R-10: Prohibido voltear en U**
Prohíbe girar a la izquierda frente a la realidad de una ciclovía por separador central.	Prohíbe girar en U frente a la vida de una ciclovía por separador central.
R-22: Prohibido la circulación de bicicletas	**R-30: Velocidad máxima**
Únicamente para uso en vías expresas (se indica modificar el pictograma)	Indica la rapidez máxima según sitio (excepto en regiones 30 donde se utiliza la señal específica).
R-42: Ciclovía	**R-58 A / R- 58B: Vía segregada motorizadas - bicicletas**
Notifica a los usuarios la vida de una vía única para el tránsito de bicicletas.	Establecen las vías separadas para el tránsito de vehículos motorizados y bicicletas..
R-42 A Conserve la derecha	**R-42 C : Circulación no compartida**
Dispone que el ciclista se obligue a circular por el carril derecho de la ciclovía.	Se instituye la obligación del ciclista y el peatón de circular por la vía que les corresponde
R-42 B: Obligatorio descender de la bicicleta	
Tiene la obligación de descender de la bicicleta y circular caminando por un tramo o punto detallado.	

***Nota*. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, págs. 78-79)**

b) Señales a ser incorporadas en el MDTC: cuando la ciclovía es compartida se deben incorporar señales que indiquen la prioridad del ciclista y de reducción velocidad tal como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Señales reglamentarias extras propuestas

Vía compartida con prioridad ciclista	Zona 30
En caminos o carriles comunes para demostrar la superioridad de una bicicleta. El tamaño es de 450 x 450 mm.	Ingresan a un área con velocidad de 30 km/h, un tamaño de 900x600 m.

***Nota*. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 79)**

c) **Señalización preventiva**: permite que conductor advierta cuando se acerca a bicicletas de uso común o personales; algunas de las señales de advertencia se muestran en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Señales preventivas orientadas al conductor motorizado

P-46: Ciclistas en la vía	
	Advierte la proximidad de una ciclovía.
P-46A Cruce de ciclistas	
	Advierte la proximidad de un cruce de ciclovía. Debe complementarse con marcas en el pavimento.
P-46B Ubicación Cruce de ciclistas	
	Indica el lugar o ubicación del cruce de ciclovía. Debe complementarse con marcas en el pavimento.

***Nota*. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 80)**

Tabla 8. Señales preventivas orientadas al ciclista

P-46C: Vehículos en la ciclovía	
	Esta señal previene al ciclista la proximidad de un tramo donde tienen la posibilidad de cruzar vehículos motorizados
P-46D: Tramo en descenso	
	Advierte al ciclista la cercanía de un tramo con pendiente en descenso
P-46E: Tramo en ascenso	
	Advierte al ciclista la proximidad de un tramo con pendiente en ascenso

***Nota*. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 80)**

d) **Señalización informativa:** están en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras, aprobado mediante R.D. N° 16-2016-MTC/14, y está dirigida a los ciclistas para una mejor cercanía con la vía utilizada habitualmente (ver Tabla 9).

Tabla 9. Señales informativas propuestas adicionales

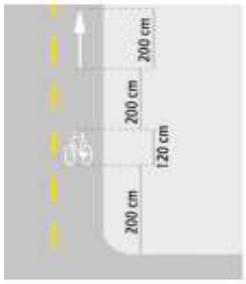
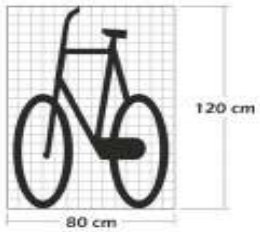
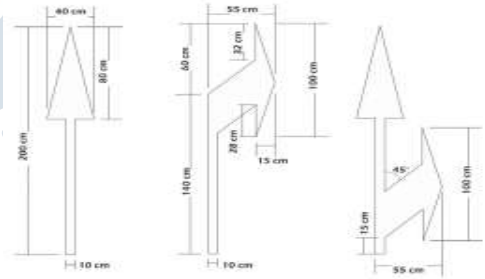
Señales informativas			
	Indica estacionamiento para bicicletas		Indica el destino

Nota. "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 81)

1.4.5.2 Señalización horizontal. El objetivo de la señalización horizontal en la infraestructura es determinar los espacios de circulación para los ciclistas y señalar a los individuos el sentido de circulación, la ruta a continuar en las intersecciones y los puntos o espacios de detención. Las demarcaciones para tomar en cuenta para una infraestructura vial correcta se muestran ahora.

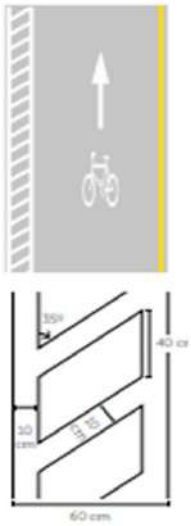
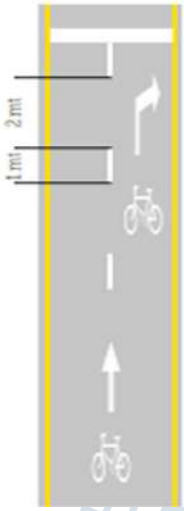
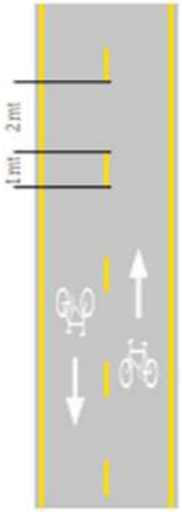
a) **Demarcaciones de vías segregadas y ciclo carriles**: se demarca en el asfalto con dibujo pintado blanca y se ubican sobre todo en las esquinas en color albar y sus dimensiones se detallan en las tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10. Demarcaciones de vías segregadas y ciclo carriles

Pictograma	Flechas
 	
Bicicleta en ciclovía, período carril o período acera y ubicación con relación a la esquina	Indican el sentido de circulación o los giros en ciclovía, período carril o período acera.

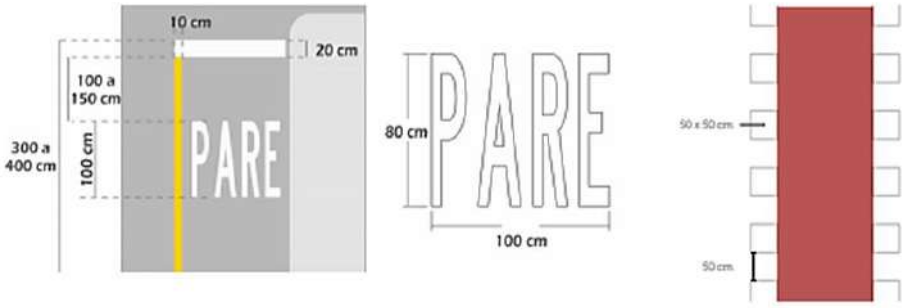
***Nota*. Adaptado de Adaptado de Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 82)**

Tabla 11. Pictograma y las flechas en las ciclovías, ciclo carriles o ciclo aceras con más de un carril de circulación demarcados con una línea continua o segmentada

Demarcación espacio delimitación ciclo carril	Vía unidireccional con pista de viraje	Vía bidireccional con línea continua	Vía bidireccional con línea discontinua	Intersección vía bidireccional
				

***Nota*. Adaptado de Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 83)**

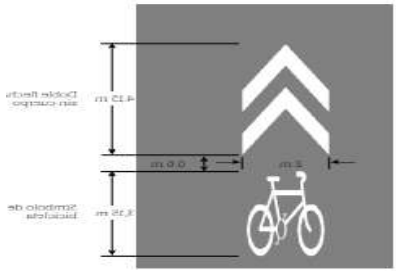
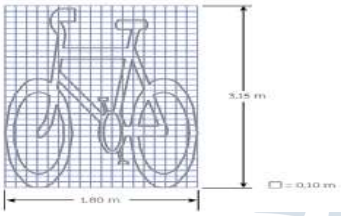
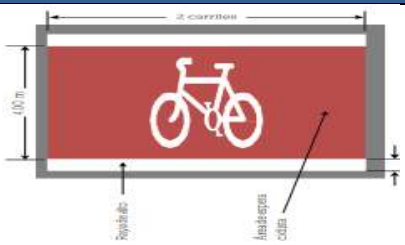
Tabla 12. Señales de detención en ciclovía, ciclo carril o ciclo acera

Demarcación roja para cruces de ciclovías, ciclo carriles o ciclo aceras y su respectiva delimitación con cuadros blancos


***Nota*. Adaptado de Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 83)**

b) **Demarcaciones de vías no segregadas, vías o carriles compartidos**: por sus dimensiones avisan no solo a los ciclistas sino a los automotores. Las informaciones de este tipo de advertencias horizontales se detallan en la tabla 13.

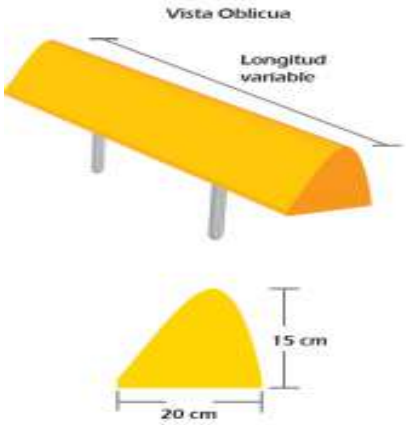
Tabla 13. Especificaciones de estas señales horizontales

Demarcación Zona 30	Sharrow: para carriles compartidos
	
Prioridad para bicicletas	
Cajón bici (bike box)	
	

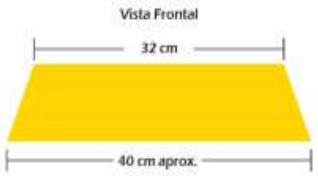
***Nota*. Adaptado de Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, págs. 84-85)**

1.4.5.3 Elementos segregadores: se usan tipologías delimitadas, para dividir el fluido de ciclistas de los motorizados o de los peatones. Pueden ir desde elementos de canalización vial (tachones, bordillos, hitos), mobiliario urbano (bancas, período estacionamientos) hasta elementos de paisajismo (arborización, zonas verdes), una muestra de bordillos se presenta en la tabla 14.

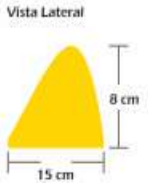
Tabla 14. Bordillos separadores

Bordillo no traspasable


Bordillo separador traspasable



Vista frontal



Vista lateral

Bordillo no traspasable

***Nota*. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista" (Calderón et al., 2017, pág. 87)**

1.4.6 *Ciclo parqueaderos*

Uno de los problemas para el uso de la bicicleta como medio de transporte es contar con un estacionamiento seguro, por lo que el gobierno ha implementado la Ley 30936 (MTC, 2019) que indica una zona de parqueadero el 5% del área que destinan a los vehículos automotores para las entidades públicas y privadas.

Para la ubicación del parqueadero se debe tener los siguientes criterios (MTC, 2020):

a) Ubicarlos en zonas de alto flujo

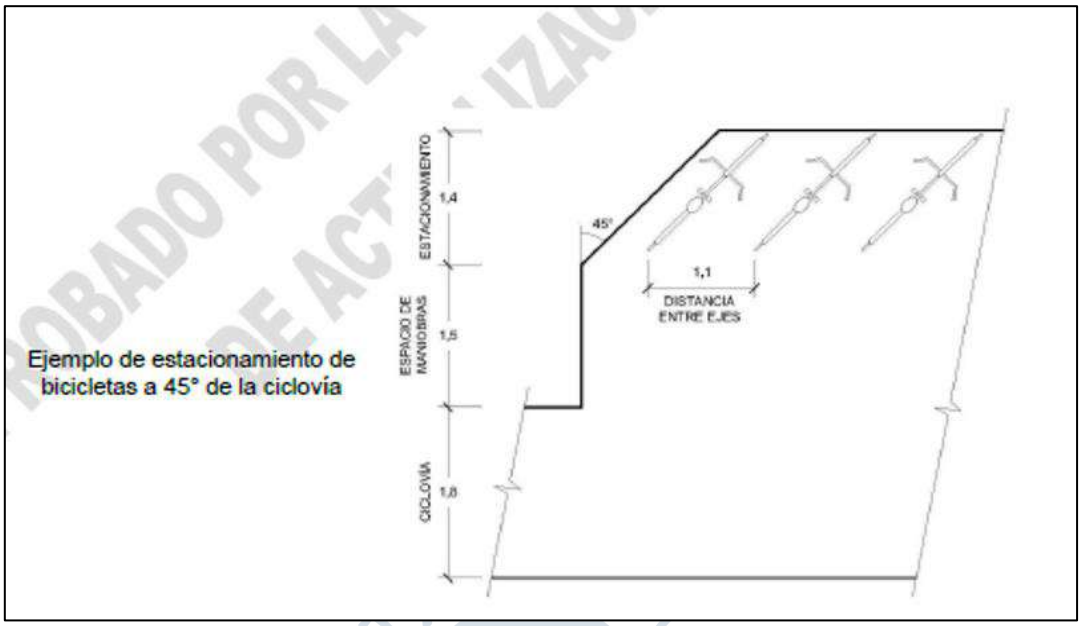
b) Garantizar la cercanía entre el estacionamiento y el destino potencial

c) Ubicarlos en una zona visible y de mayor seguridad

d) Evitar desplazamientos peatonales

A continuación, se presenta las dimensiones del estacionamiento tomada de la Norma CE.0.30 (ver Figura 8).

Figura 8. Dimensiones de ciclo parqueadero



***Nota*. Norma técnica CE.0.30 obras especiales y complementarias (Prieto, 2013)**

1.5 Semaforización

Las intersecciones viales se caracterizan por tener áreas de conflicto vehicular, por lo que es necesario usar dispositivos que distribuyan el pase de vehículos y peatones de forma ordenada, priorizando la seguridad vial.

1.5.1 *Requisitos para la instalación de semáforos*

El "Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras (MTC, 2016)", verifica las siguientes condiciones para implementar un semáforo:

1. La primera condición es cumplir con los volúmenes mínimos al 100%, mostrados en la tabla 15.

Tabla 15. Volúmenes vehiculares mínimos para la implementación de un semáforo

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la vía principal (total de ambos accesos)	Vehículos por hora en la vía secundaria (mayor volumen de uno de los accesos)
Vía principal	Vía secundaria	100%	100%
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

***Nota*. Existen volúmenes mínimos menores al 100 para flujos menores. (MTC, 2016)**

2. La segunda condición aplica cuando el tráfico es tan denso que la vía secundaria tiene problemas para ingresar a la vía principal, se deben cumplir los volúmenes mínimos mostrados en la tabla 16.

Tabla 16. Volúmenes mínimos para interrupción de tránsito continuo

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la vía principal (total de ambos accesos)	Vehículos por hora en la vía secundaria (mayor volumen de uno de los accesos)
Vía principal	Vía secundaria	100%	100%
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

***Nota*. Existen volúmenes mínimos menores al 100 para flujos menores. (MTC, 2016)**

Estas dos primeras condiciones son excluyentes, si se cumple una de estas no es necesario analizar la otra.

3. La tercera condición contempla el volumen y la seguridad peatonal, como es el caso de no contar con puentes peatonales, que las velocidades de los vehículos sean mayores a 50 km/h, que tenga alta afluencia peatonal o sea zona escolar.
4. La cuarta condición aplica cuando en la intersección se producen repetidos accidentes de tráfico.

1.5.2 *Tipos de semáforos*

Existen tres tipos de semáforos siendo estos para vehículos, peatones y especiales según (MTC, 2016):

a) Semáforos para vehículos

- Semáforos fijos: controlan el transito con tiempo fijos.
- Semáforos sincronizados por el tránsito: su funcionamiento es sincronizar los tiempos en función a las demandas de flujo vehicular y peatonal.
- Semáforos adaptados al tránsito: denominados semáforos inteligentes, su funcionamiento es ajustado automáticamente en función de los datos del flujo vehicular que otorgan los detectores de vehículos. Y peatones.

b) Semáforos para peatones

- Tienen por finalidad controlar el tránsito peatonal, siendo sus dispositivos visuales y sonoros, cabe resaltar que esta última característica es una implementación para personas con limitación visual

c) Semáforos especiales

- Semáforos de destellos o intermitentes: Tiene como finalidad indicar situaciones especiales, como la presencia de peligro o indicar "PARE".
- Semáforos para regular el uso de carriles: Tiene como finalidad el uso de carriles de una vía, por un tiempo determinado.
- Semáforos para vehículos de emergencia: Es una adaptación del dispositivo semafórico, que prioriza el paso de vehículos de emergencia.
- Semáforos para indicar la aproximación de trenes: Su finalidad es indicar la aproximación de trenes.
- Semáforos para uso en carriles de peajes: regulan el uso para acceder a las casetas de cobro de peajes.

1.5.3 *Diagrama de fases semafórico*

Los diagramas de fases son divisiones de tiempo necesario para para que los vehículos circulen sin generar conflictos. El tiempo total para que circulen los vehículos de una intersección se le llama ciclo, y cualquiera de estas divisiones en el que no cambien las indicaciones del semáforo, se les llama intervalos. (Lamego, 2017).

Para comprender un diagrama de fases es necesario tener en claro las siguientes definiciones, según (Timana, 2019):

- Intervalo entre verdes (I): Es el tiempo entre el final de la luz verde de una fase y el inicio de la siguiente.
- Todo rojo (AR): Es el tiempo en el que todo movimiento en la intersección se paraliza.
- Giro a la izquierda permitido: El movimiento a la izquierda se realiza en conjunto con otros movimientos sin generar conflictos de congestión.
- Giro a la izquierda protegido: El movimiento a la izquierda es el único permitido, indicado como una fase adicional.

1.5.3.1 Diseño de diagrama de fase vehicular. Se debe contar con el volumen vehicular y su distribución por entrada vial, de modo que se identifiquen las fases o los movimientos permitidos de forma simultánea. Lo típico es que haya 2 fases, que permite el libre movimiento en una dirección X y luego en Y. Si el volumen de vehículos que gira a la izquierda es mayor o igual a 200 vehículos por hora, se recomienda una fase adicional de giro a la izquierda protegido (Timana, 2019).

Ya que la información de conteo vehicular es mixto, estos datos se deben transformar a una unidad vehicular equivalente, usando los factores mostrados en la tabla 17.

Tabla 17. Factores de conversión a unidades vehiculares equivalentes

Factores de conversión a UVE	
Giro a la derecha	1.10
Giro a la izquierda protegido	1.10
Giro a la izquierda permitido	1.5
Camión	1.5
Ómnibus grande	1.5
Ómnibus Mediano	1.5
Combi	1.25
Mototaxi	1.25

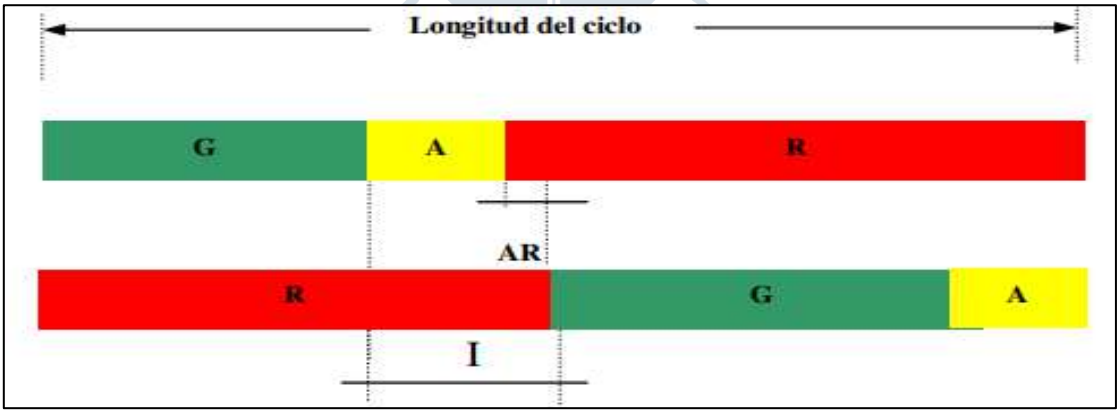
***Nota*. Adaptado de (F.Navin,1994,citado en Timana, 2019)**

Las motos lineales también se deben considerar dentro de la composición vehicular ya que tiene una considerable presencia; en esta tesis se considerará 1 como factor de conversión a vehículo equivalente tal como se menciona en la investigación "Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicletas Aplicación en la ciudad de Medellín" (Yarce, 2015).

Una vez convertidos los vehículos mixtos a unidades de vehículos equivalentes, se elige el mayor volumen para cada fase y se calcula la relación "Y= (volumen/flujo de saturación)" para cada fase. En esta tesis usaremos como flujo de saturación 1900 vehículos hora por carril, valor predeterminado como base por el "*Highway capacity manual* (HCM, 2000)".

Para graficar el diagrama de fases vehicular como se muestra en la figura 9, es necesario operar las 4 siguientes formulas (Timaná, 2019).

Figura 9. Diagrama de fase vehicular



***Nota*. Adaptado de (Timaná, 2019)**

- **Tiempo entre verdes**

$$I = t_r + \frac{V}{2f_x g} + \frac{W + L}{V}$$

Donde:

t_r = Tiempo de reacción del conductor

V = Velocidad del vehículo

f_x = Factor de rozamiento del pavimento

g = Gravedad

W = Ancho de la intersección

L = Longitud de vehículo

Para conocer el del tiempo del ámbar se usa la siguiente fórmula

$$I = A + AR$$

Donde:

A Tiempo de ámbar

AR = Tiempo de todo rojo

- **Longitud de ciclo**

$$C_0 = \frac{1.5\,L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\emptyset} Y_i}$$

Donde:

C_0 = Tiempo de ciclo

L = Tiempo perdido por fase, puede usarse una aproximación de 5 segundos

Y_i = Relación entre el volumen y el flujo de saturación

$\emptyset$ = Número de fases

- **Distribución de intervalos**

$$I_i = C_0 * \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\emptyset} Y_i}$$

Donde:

C_0 = Tiempo de ciclo

Y = Relación volumen y flujo de saturación

1.5.3.2 Diseño de diagrama de fase peatonal. El tiempo mínimo para un semáforo peatonal es de 7 segundos y es complementario a una de las fases del diagrama de fase vehicular. Para calcular su tiempo optimo se usan las siguientes formulas (Timana, 2019):

$$R_i = \frac{W}{V_p}$$

Donde:

R_i = Tiempo mínimo para cruzar la calle

W = Ancho de la calle

V_p = Velocidad del peatón

$$G = Z + R_i - A$$

Donde:

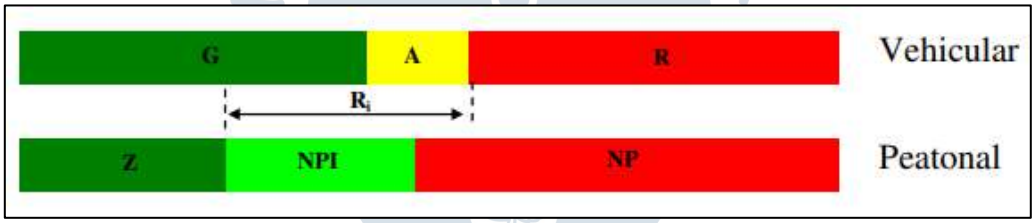
G = Es el verde mínimo

Z = Tiempo mínimo, se usa generalmente 7 segundos

A = Ámbar de la fase vehicular relacionada

El diagrama de fase peatonal se relaciona con el diagrama de fase vehicular de tal modo que sucede de forma simultánea, obteniendo una semaforización optima, como se muestra en la figura 10, donde NP significa no pasar y NPI no pasar con luz verde intermitente.

Figura 10. Diagrama de fases peatonal respecto al diagrama vehicular



***Nota*. Adaptado de (Timaná, 2019)**

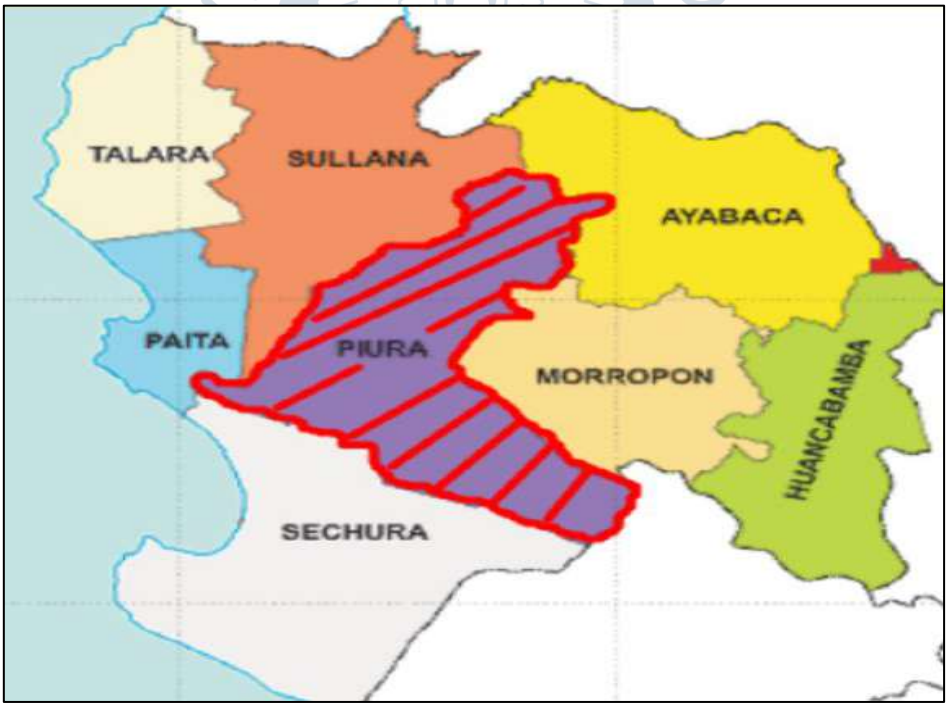
UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 2
Estudio del área de influencia

2.1 Ubicación

El proyecto se ubica en Piura, en la parte noroeste del país (ver Figura 11); la superficie total del departamento es de 35 892 km^2 y está políticamente dividido en 8 provincias y 64 distritos. Limita por el norte con el departamento de Tumbes y el Ecuador; por el este, con Cajamarca y Ecuador; por el sur, con Lambayeque; por el oeste, con el Océano Pacífico. Políticamente está dividido en 8 provincias y 64 distritos, siendo su capital la ciudad de Piura (BCR, 2012).

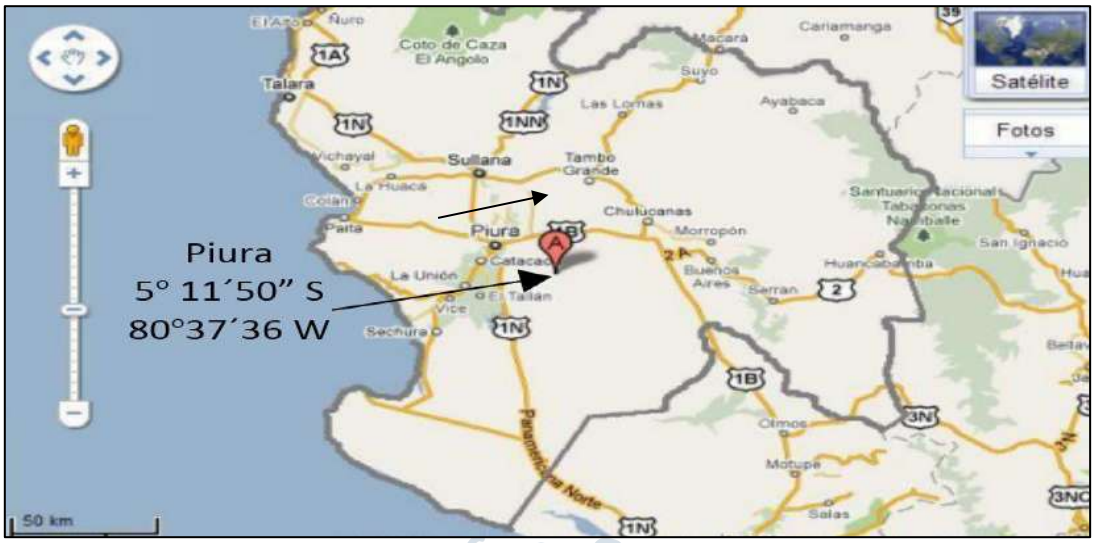
Figura 11. Ubicación de Piura



***Nota*. Adaptado de Mapa recuperado de Piura Progresa (2022)**

La ciudad de Piura está ubicada en las coordenadas: 5º 11´50”de latitud sur, 80º37´36” de longitud oeste (ver Figura 12), con un huso horario que indica que Perú está a menos horas del tiempo universal coordinado (UTC). Posee una superficie de 318 km^2 y está a una altura de 36 metros sobre el nivel del mar (Distrito, 2022).

Figura 12. Ubicación de la ciudad de Piura



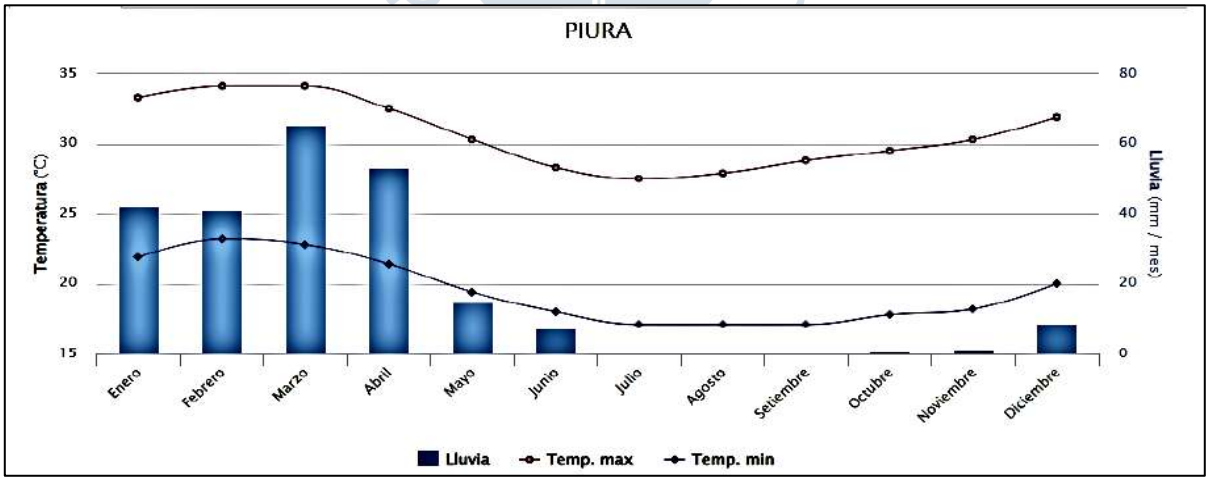
***Nota*. Adaptado de Google maps (s.f.)**

2.2 Clima

Piura posee un clima tropical y seco, con una temperatura promedio anual de 24°C, pudiendo llegar hasta 40°C cuando se presenta el Fenómeno El Niño extraordinario (BCR, 2012).

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi, 2022), para la provincia de Piura, en el verano, los meses de febrero y marzo concentran las más altas temperaturas (34.1°C); mientras que las temperaturas más bajas se presentan en los meses de julio, agosto y setiembre (17.1°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de marzo (65.5 mm/mes), tal como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Distribución anual de la lluvia y la temperatura en Piura

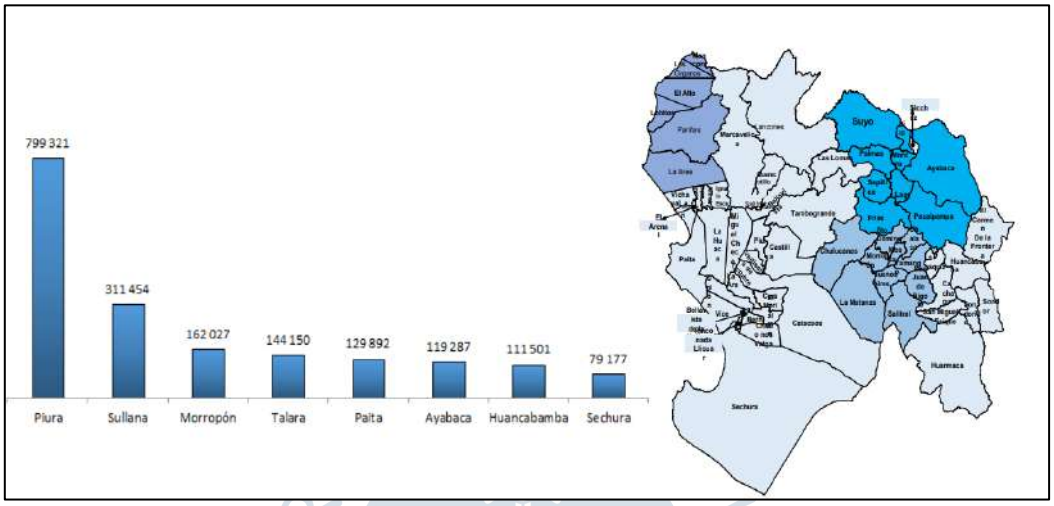


***Nota*. Adaptado de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2022)**

2.3 Densidad poblacional y uso de la zona de estudio

Según el censo poblacional del INEI del año 2017, la región Piura contaba con una población de 1 millón 856 mil habitantes, siendo la provincia de Piura la primera más poblada de la región, tal como se muestra en la figura 14.

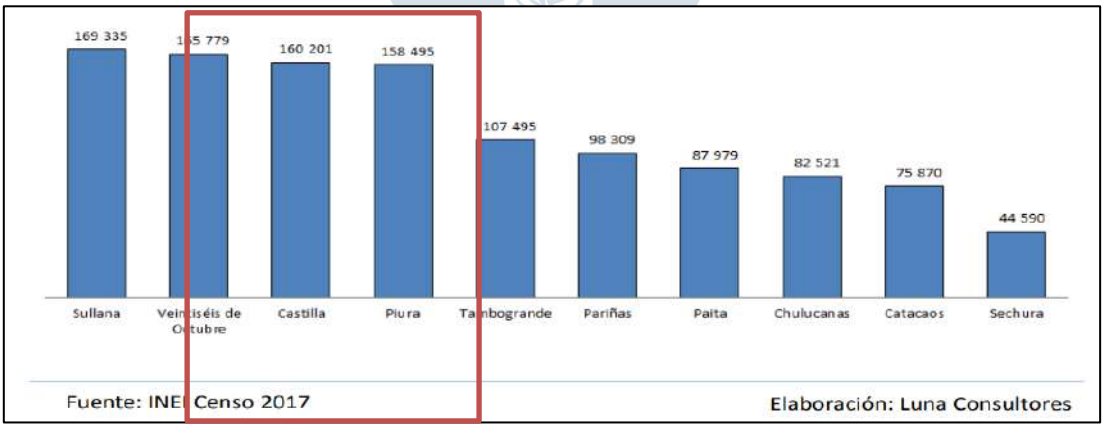
Figura 14. Población de la Región Piura según censo 2017



Nota. Adaptado de Resultados de la Región Piura. Datos del Censo Nacional INEI 2017. (Guanilo & Martínez, 2019)

Sin embargo, es importante resaltar que tres distritos aledaños concentran la mayor población de la región, estos son Piura, Castilla y Veintiséis de Octubre, tal como se muestra en la figura 15.

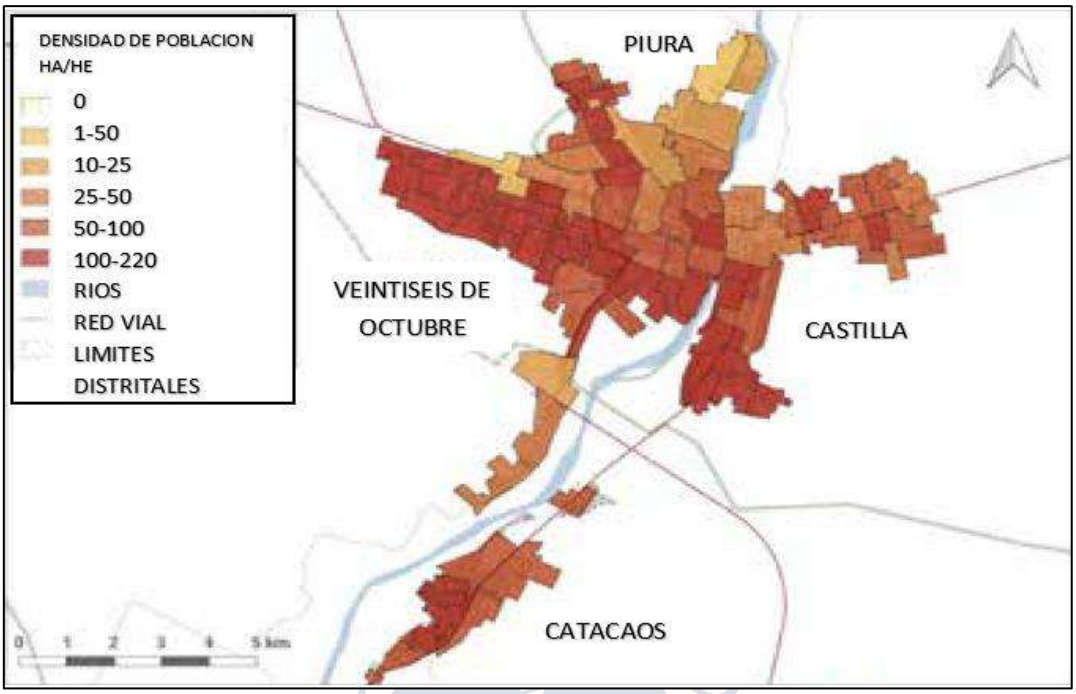
Figura 15. Distribución poblacional por distritos más representativos de la región Piura



Nota. Adaptado de Resultados de la Región Piura. Datos del Censo Nacional INEI 2017. (Guanilo & Martínez, 2019)

Asimismo, en la figura 16 se muestra en tonalidades marrones las zonas de mayor densidad poblacional, notándose que los colores tenues corresponden a una densidad baja y los más intensos a una densidad alta. Es importante mencionar que las mayores concentraciones poblacionales están ubicadas en Veintiséis de Octubre y Castilla.

Figura 16. Densidad poblacional de Piura



***Nota*. Adaptado de Mapa obtenido del "Plan maestro de movilidad de Piura". (Martínez, et al., 2019)**

La ciclovía propuesta en esta investigación abarca la Av. Cáceres en el tramo entre la Av. Vice en Piura y la Av. Irazola en Castilla, tendrá un gran impacto en la zona porque involucra a dos distritos colindantes como son: Piura, Castilla, una zona de cerca de medio millón de habitantes, según el último censo del 2017.

2.4 Vía en estudio

El tramo en estudio, en la avenida Cáceres, tiene una longitud de 1.8 km y conecta los distritos de Piura y Castilla, siendo una zona de aproximadamente medio millón de habitantes según el último censo del 2017, donde se moviliza una gran cantidad de vehículos, en su mayoría livianos y comerciales. El tramo tiene como punto de partida la intersección de las avenidas Cáceres y Vice en Piura (con coordenadas 5°10'55.59"S, 80°38'24.07"O) y cuenta con dos vías principales y dos auxiliares, cada una con dos carriles, siguiendo esta configuración hasta la calle Chirichigno, límite con el puente Cáceres. En su recorrido atraviesa las avenidas Sullana, Ramón Mugica y San Ramón; esta configuración cambia en el puente Cáceres, que une los dos distritos, donde se reduce a dos plataformas con dos carriles. En el distrito de Castilla el número de carriles aumenta a siete carriles, dos para el lado izquierdo y cinco para el derecho; finalmente, la intersección entre las avenidas Cáceres e Irazola es el punto de término de la ciclovía, con coordenadas (5°10'58.33"S, 80°37'25.50"O).

En las figuras 17 al 20 se esquematiza por tramos la zona en estudio y las intersecciones con las avenidas transversales:

Figura 17. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. Vice y Av. Sullana

***Nota*. Adaptado de Google maps satélite; área de intervención del proyecto de una ciclovía (s.f.)**

Figura 18. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. Sullana y Av. Ramón Mugica

***Nota*. Adaptado de Google maps satélite; área de intervención del proyecto de una ciclovía (s.f.)**

Figura 19. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. Ramón Mugica y Av. San Ramón

***Nota*. Adaptado de Google maps satélite; área de intervención del proyecto de una ciclovía (s.f.)**

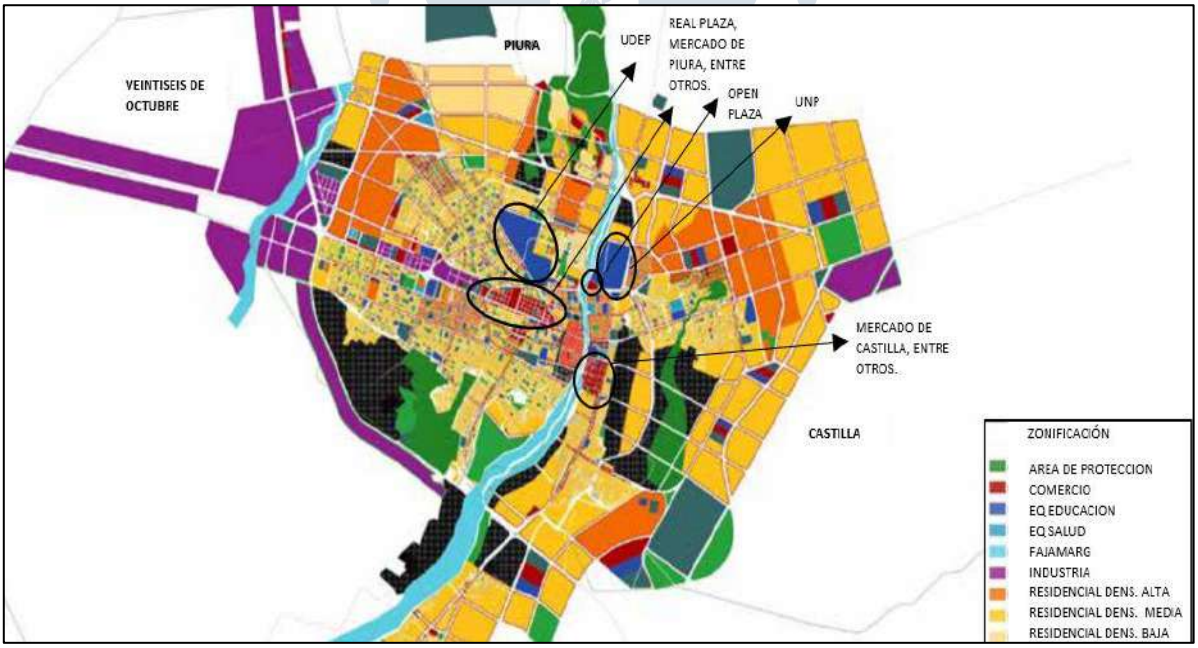
Figura 20. Esquematización de la Av. Cáceres entre la Av. San Ramón y Av. Irazola

***Nota*. Adaptado de Google maps satélite; área de intervención del proyecto de una ciclovía (s.f.)**

2.5 Puntos de atracción en la zona de estudio

En la figura 21 se muestran las ubicaciones de las principales zonas de atracción de la ciudad, donde destacan los centros comerciales, mercados centrales de Piura y Castilla, universidades, entre otros.

Figura 21. Zonificación de la ciudad de Piura según el uso



***Nota.* Resultados del "Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura". (Martínez, et al., 2019)**

2.5.1 *Centros de atracción de la ciclovía propuesta*

La ciclovía propuesta utiliza la avenida Cáceres para su diseño, porque cuenta con diferentes atributos, entre los que se pueden comentar los importantes centros de atracción a lo largo de la vía, así como en un rango de un kilómetro de distancia, que contribuyen con el indicador de conexión.

A continuación, en las figuras 22 a la 26 se muestran algunos de los centros de atracción que se ubican a lo largo de la ciclovía propuesta.

Figura 22. Punto de atracción – centro comercial Real Plaza

***Nota*. Punto de atracción ubicado en la intersección de la avenida Cáceres y Vice**

Figura 23. Punto de atracción – Zona de bancos

***Nota.* Punto de atracción ubicado en la avenida Cáceres, entre las avenidas Country y San Ramón**

Figura 24. Punto de atracción – Institución Educativa

Nota. **Punto de atracción ubicado en la avenida Cáceres, en la avenida San Ramón (sur)**

Figura 25. Punto de atracción - Gobierno Regional de Piura

Nota. **Punto de atracción ubicado en la avenida Cáceres, en la avenida San Ramón (norte)**

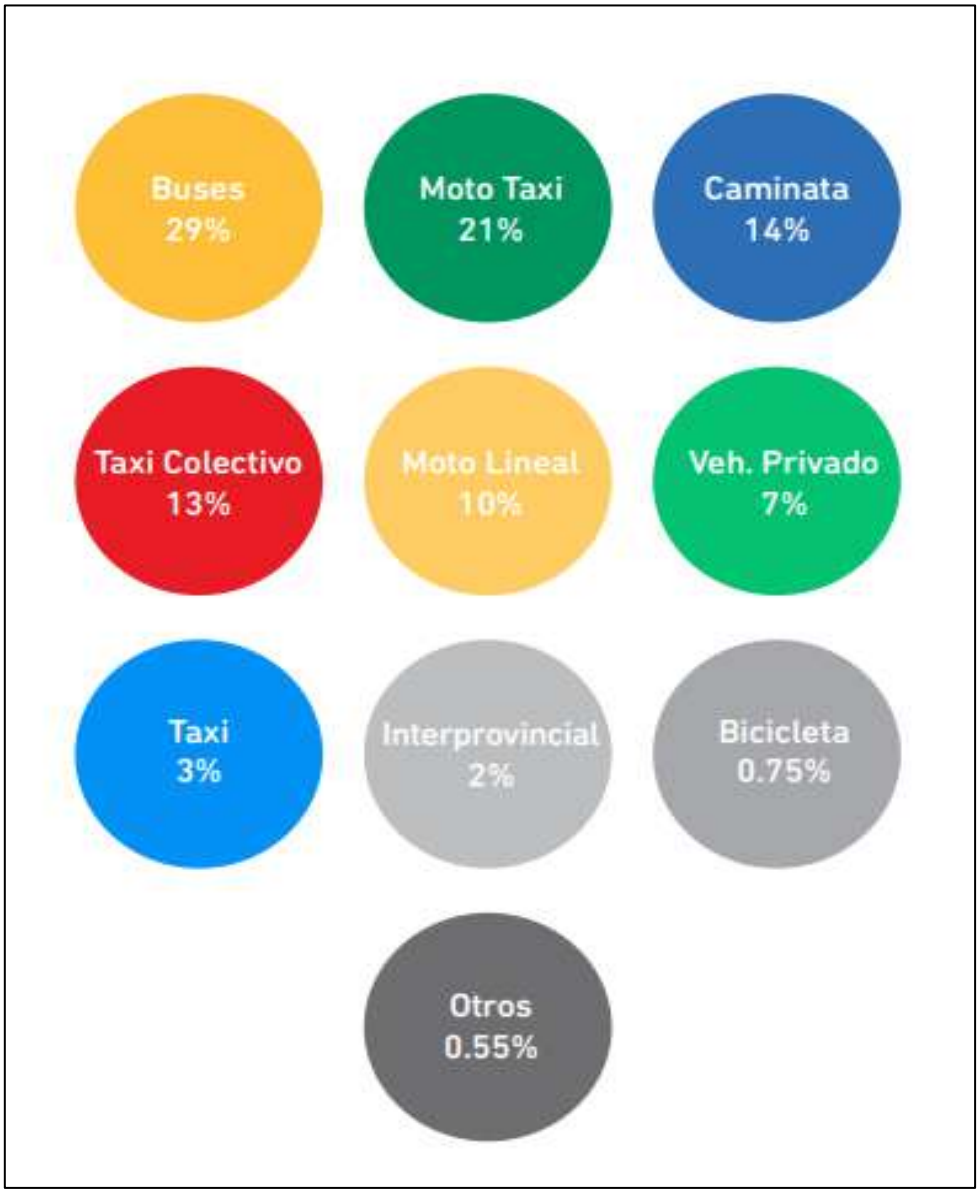
Figura 26. Punto de atracción – centro comercial Open Plaza

Nota. **Punto de atracción ubicado en la intersección de las avenidas Cáceres y Eguiguren**

2.6 Modo de transporte en la zona de estudio

En la ciudad de Piura existen diferentes modos de transporte que aportan a la congestión vehicular. El "Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura" permite apreciar que existe una alta participación de buses por su alta capacidad y longitud de la ruta, seguido de la participación de los mototaxis y taxi colectivo; mientras que existe una escasa participación de las bicicletas por la falta de infraestructura y promoción de estas, tal como se puede apreciar en la figura 27 (Martínez, et al., 2019).

Figura 27. Distribución modal de vehículos disponibles para viajar



***Nota*. Adaptado de Figura tomada de la propuesta del "Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura". (Martínez, et al., 2019)**

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 3
Diseño de la ciclovía

3.1 Diseño geométrico de la ciclovía

Para el diseño de la ciclovía, en la avenida Cáceres, fue necesario cumplir con los requisitos: seguridad, directividad, coherencia, comodidad y atractividad (Crow, 2011), y tener en cuenta los criterios de dimensionamiento: ancho de vía, velocidad de diseño y la pendiente.

En la presente investigación, los cortes y elevaciones de los diferentes tramos de la ciclovía mostrados en este capítulo fueron diseñados con "Streetmix", una aplicación de diseño de calles y avenidas; mientras que las simulaciones fueron desarrolladas con "PTV Vissim", un programa que permite la visualización del comportamiento del tránsito vehicular con la ciclovía en 3D.

3.1.1 *Selección del tramo de la ciclovía a estudiar*

Para definir el trazado de la red ciclista se siguió la "Guía de implementación de sistemas de transportes sostenible no motorizado" (MTC, 2020), para ello, se identificó el entorno y las barreras naturales, siendo una de ellas el río Piura, que separa los distritos de Piura y Castilla; se determinaron las zonas de producción de viajes en relación con la densidad poblacional; se identificaron las zonas de atracción de viajes como centros comerciales y universidades; se analizaron los tipos de transporte existentes en la zona de estudio, por medio del conteo vehicular; la tendencia de viajes relacionadas con las zonas de mayor congestionamiento; y finalmente, se ubicó la red ciclista sobre la avenida Cáceres, entre las avenidas Vice e Irazola, por su conexión entre Piura y Castilla, y tener centros de atracción en su longitud y alrededores, sin embargo existen otras avenidas que tienen el mismo potencial para formar una red ciclista en la ciudad de Piura.

3.1.2 *Clasificación de la avenida Cáceres*

Es importante conocer la clasificación de la vía en estudio pues permite determinar el tipo de ciclovía que puede albergar. Para la clasificación de la avenida Cáceres se consideraron tres aspectos, descritos en el ítem "1.1.4:

- Por su función: es una avenida primaria que conecta de forma directa distintas zonas de la ciudad.

- Por la forma: vías asfaltadas siendo dos principales y dos de servicio lateral, con dos carriles de 3.55 m de ancho en promedio, cada vía.
- Por el uso: tiene un alto flujo vehicular y lo transitan vehículos livianos, comerciales y ómnibus. La velocidad máxima es de 50 km/h para avenidas, según el Decreto Supremo N°025 (MTC, 2021).

Tomando en cuenta la base teórica y las características de la avenida Cáceres, se concluye que es una vía arterial, y por ello mismo se recomienda una ciclovía segregada.

3.2 Diseño y dimensionamiento de ciclovía

El diseño de una ciclovía debe tener en cuenta la velocidad del ciclista, el espaciamiento y la ubicación de la ciclovía. La velocidad del ciclista depende de la pendiente, a mayor pendiente en descenso se adquieren mayores velocidades, mientras que a mayor pendiente en ascenso disminuirá la velocidad (Municipalidad de Lima, 2017).

Para determinar el espaciamiento y la ubicación de la ciclovía propuesta se siguieron los siguientes pasos:

- Medir las dimensiones de la sección transversal de la vía, incluyendo veredas.
- Redistribuir la sección vial basados en los siguientes criterios:
  - Ubicación de la infraestructura vial en la calzada

    La posición de la ciclovía debe cumplir con los requisitos establecidos en el ítem "1.1.3 Requisitos de una ciclovía", considerando los aspectos mencionados en la tabla 2 que propone la ubicación de la ciclovía según el tipo de vía y la tabla 4 según la velocidad máxima permitida y el volumen vehicular.
  - Pendiente y velocidad permitida

    Cuando la vía posee pendiente negativa o positiva la velocidad del ciclista aumentará hasta 40 km/h o disminuirá hasta 10 km/h respectivamente, en ambos casos se debe ensanchar el carril de la ciclovía. Para que se considere una zona plana, la pendiente no debe ser mayor al 3%.
  - Anchos mínimos recomendado

    El ancho de la vía se obtiene de la tabla 3 que abarca valores mínimos y recomendados, siendo 1.60 m el mínimo para una ciclovía unidireccional y 2.80 m para una bidireccional.

3.2.1 *Diseño por tramos*

Siendo el tramo en estudio una vía arterial y al tener una velocidad máxima permitida de 50 km/h, las tablas 2 y 4 del capítulo 1 proponen una ciclovía segregada unidireccional o compartida y una ciclovía bidireccional segregada respectivamente; analizando estos dos casos se opta por una ciclovía bidireccional ubicada en el separador central por ser la ubicación que brinda mayor seguridad al ciclista; pese a ello, por tener

arbolado y postes de media tensión, se dejará un espacio en la zona entre los carriles de la ciclovía, convirtiendo la ciclovía bidireccional a unidireccional de ambos sentidos.

En la figura 28 se observa un desnivel máximo de 4 m respecto al origen, para una longitud de 1.8 km de trayectoria; por ello, la pendiente es despreciable y se considera una zona plana. Para las zonas planas la velocidad promedio de los ciclistas es de 18 km/h (Martínez, et al., 2019).

Figura 28. Perfil de elevación longitudinal de la zona de estudio

***Nota*. En el extremo derecho se observa una caída hasta 23 metros, esta debido al desnivel del río Piura. Google earth (s.f.)**

Para redistribuir las dimensiones de la vía e incorporar el ancho de la ciclovía se ha usado la aplicación Streetmix; necesitando para ello las dimensiones transversales de la avenida Cáceres donde se identificaron cinco secciones típicas.

a) Tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana

b) Tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica

c) Tramo 3 entre la avenida Ramón Mugica y la calle Chirichigno

d) Tramo 4 sección del puente Cáceres

e) Tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Eguiguren

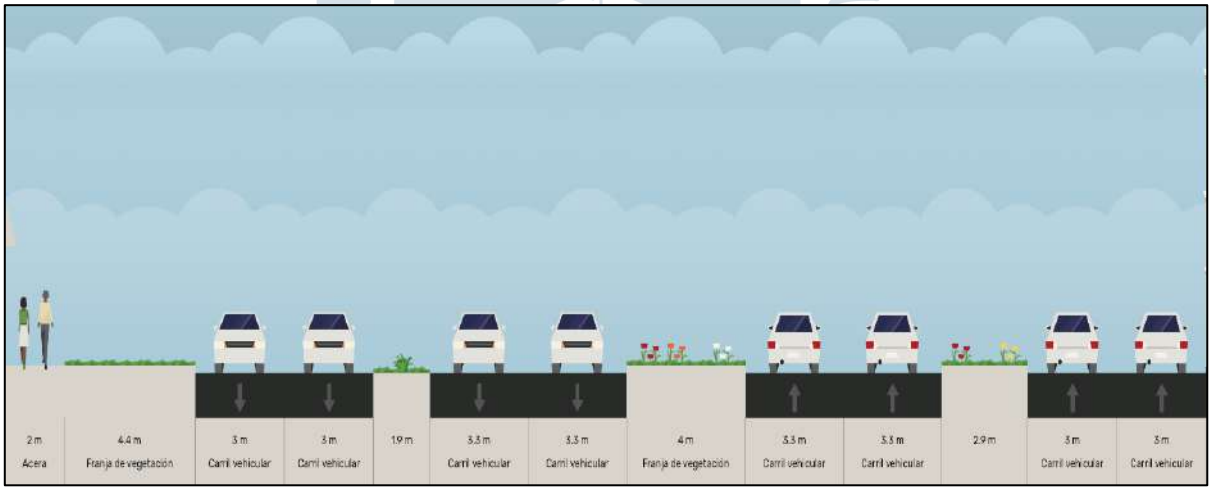
a) Tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana

Esta elevación representa el tramo longitudinal ubicado en la avenida Cáceres entre las intersecciones con las avenidas Vice y Sullana (ver figura 29).

Figura 29. Vista de planta tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana

En este tramo existen dos vías principales con carriles de 3.30 m de ancho y dos vías auxiliares con carriles de 3 m. La vía cuenta con dos separadores en las vías auxiliares de 1.90 m de ancho a la izquierda respecto del separador central, y de 2.90 m a la derecha; y, por último, un separador central entre las vías principales de 4 m de ancho (ver figura 30).

Figura 30. Sección real de vía. Tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana



Para este tramo se proponen dos alternativas, la primera trata de mantener las dimensiones actuales y la segunda modificaría estas dimensiones tratando de mantener el arbolado y la red eléctrica:

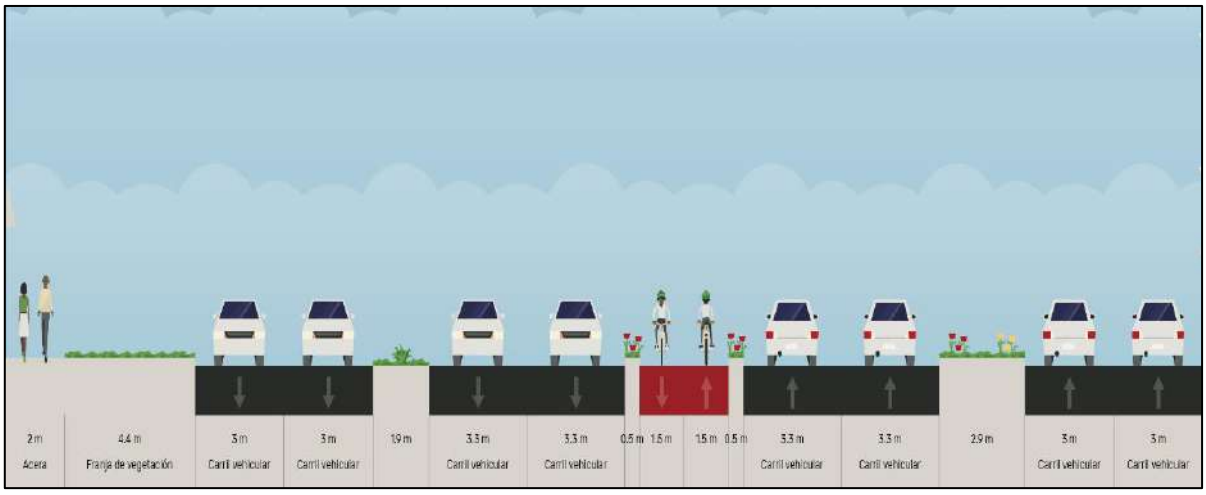
- **Primera alternativa:** Cambiar todo el sistema de redes eléctricas de media y baja tensión a un sistema eléctrico subterráneo en el tramo 1, esto permitirá utilizar la totalidad del separador central de 4 m para la ciclovía. El costo por metro lineal de red subterránea de 0,6 a 1 kv es de S/.74,87, el metro cúbico de excavación es de S/.36,37, y el m^3 de eliminación de material excedente es de S/.36,18, según el software de CYPE

Ingenieros Perú (CYPE, s.f.); considerando los 495 m de longitud de la vía y las dimensiones mínimas para redes eléctricas subterráneas, de 0,5 m de ancho y 0,6 m de profundidad indicadas por la norma DGE "Conexiones eléctricas en baja tensión en zonas de concesión de distribución" del Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2004), se tiene un volumen de tierra siendo la tercera del volumen excavado ,que debe ser retirada a un costo de S/.5400,95. El relleno de la instalación tiene un costo de S/.4073,7.y el retiro del material de desmonte S/.1 790,9 soles. El costo total de S/.44 252,4.

- **Segunda alternativa:** Reducir el ancho de los separadores auxiliares y aumentar el ancho del separador central en el tramo 1, de modo que se mantenga el arbolado y los postes eléctricos y además cumpla con dar comodidad y seguridad al ciclista. Estas modificaciones involucran asfaltar un área de 1237,5 metros cuadrados y retirar volumen de desmonte de 742,5 metros cúbicos, los mismos que serán reemplazados por material granulado para la base y subbase de 2.5 m de ancho, y 0.30 de espesor (según la norma técnica CE. C 010 Pavimentos Urbanos). El costo por metro cúbico de base y subbase granular es de S/.88.10 multiplicado por los 742,5 m^3 da S/.65414.24; el costo de la capa asfáltica en caliente es S/.21.73 por metro cuadrado, multiplicado por 1237,5 m^2 resulta S/.26890,9; el costo de la excavación con maquinaria es de 15.57 por m^3, multiplicado por 742.5 m^3 da S/.11560.7 y el costo por el retiro de material excedente es S/.36.18, multiplicado por 742.5m^3 da S/.26863.7. El costo total de la alternativa 2 es de S/.130729,5.

Se concluye que la primera alternativa es la más viable y económica por lo que se procede a hacer la redistribución de los espacios en la sección transversal; siendo la propuesta una ciclovía bidireccional de 3 m de ancho, de confinamiento de 0,5 m para ambos extremos, cabe resaltar que se deben remover los postes de red eléctrica y el arbolado en este tramo (ver figura 31).

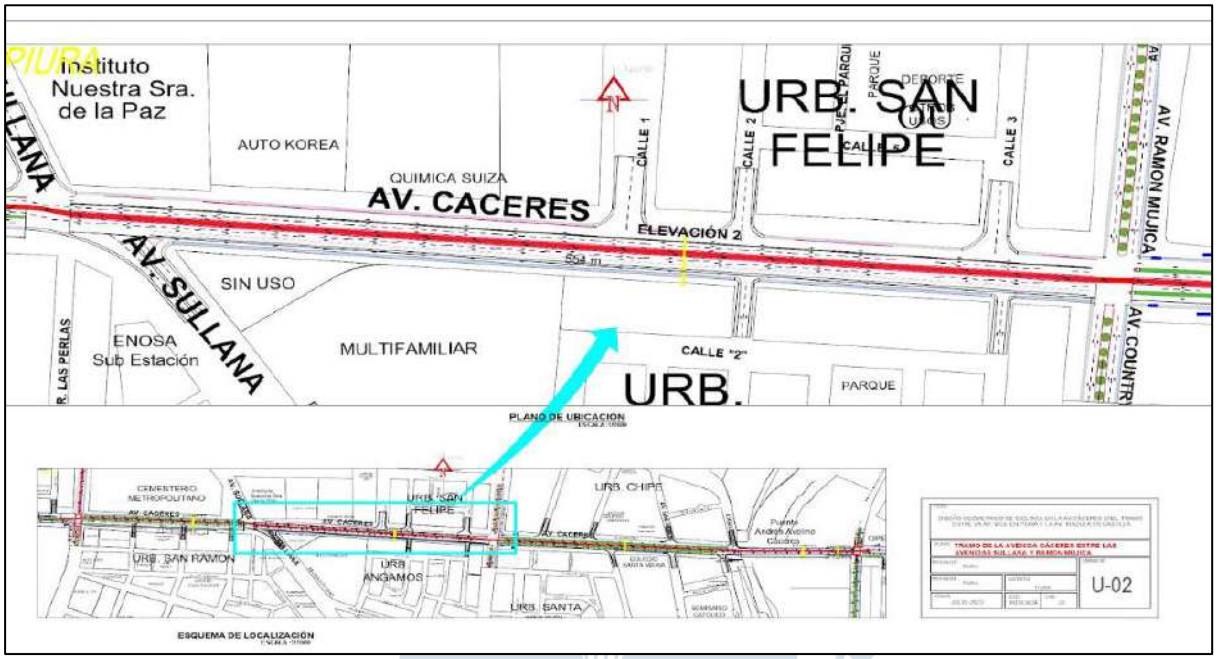
Figura 31. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 1 entre las avenidas Vice y Sullana



b) Tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica

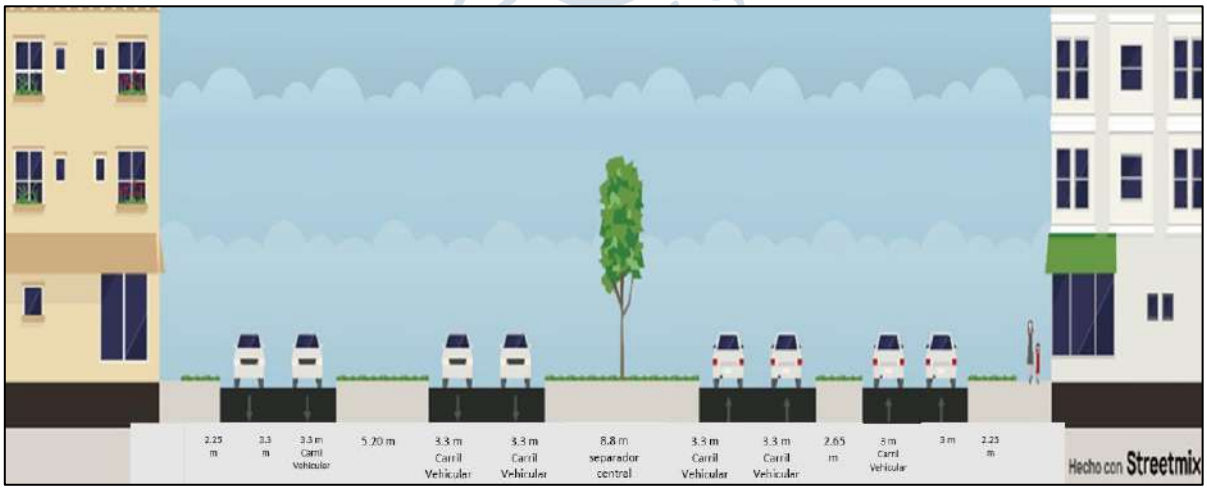
Esta elevación representa el tramo longitudinal ubicado en la avenida Cáceres entre las intersecciones con las avenidas Sullana y Ramón Mugica (ver figura 32).

Figura 32. Vista de planta tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica



En este tramo hay dos vías principales con carriles de 3.30 m de ancho y dos vías auxiliares con carriles de 3 m. Cuenta con dos separadores para las vías auxiliares, uno de 5.20 m de ancho ubicado a la izquierda respecto del separador central y el otro de 2.65 m a la derecha, por último, un separador central entre las vías principales de 8.80 m de ancho, como se muestra en la figura 33.

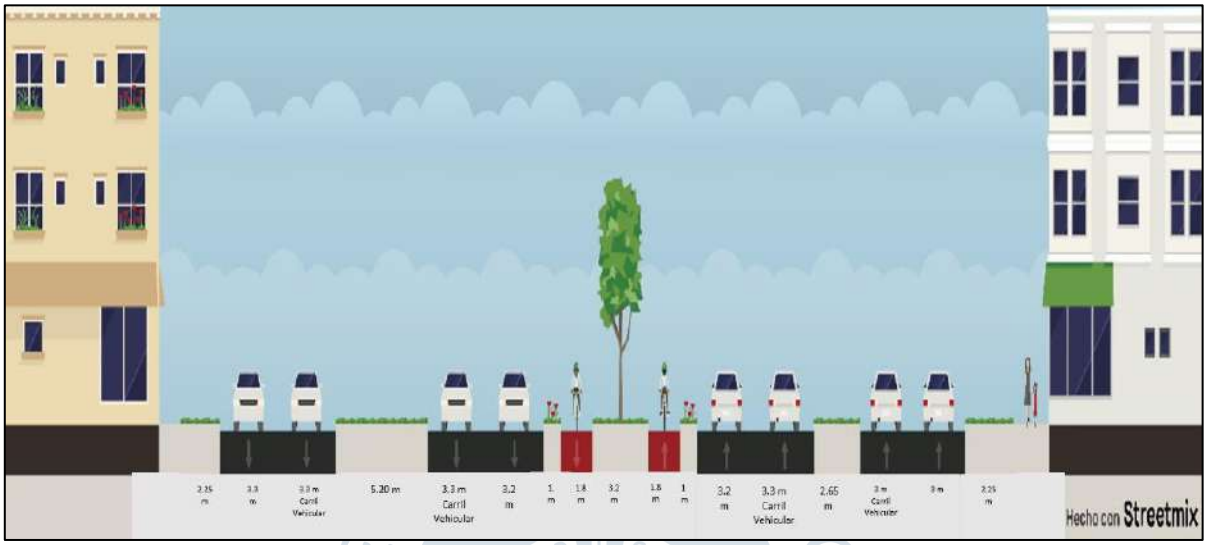
Figura 33. Sección real de vía. Tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica



Se propone ubicar la ciclovía en la berma central compuesta por dos ciclovías unidireccionales de 1.80 m de ancho en ambos sentidos, una zona de confinamiento

respecto al tránsito automotor de 1.0 m en los extremos de la berma central y un espacio de 3.20 m de ancho con fines de arbolado, postes de red eléctrica y estacionamientos para ciclistas (ver figura 34).

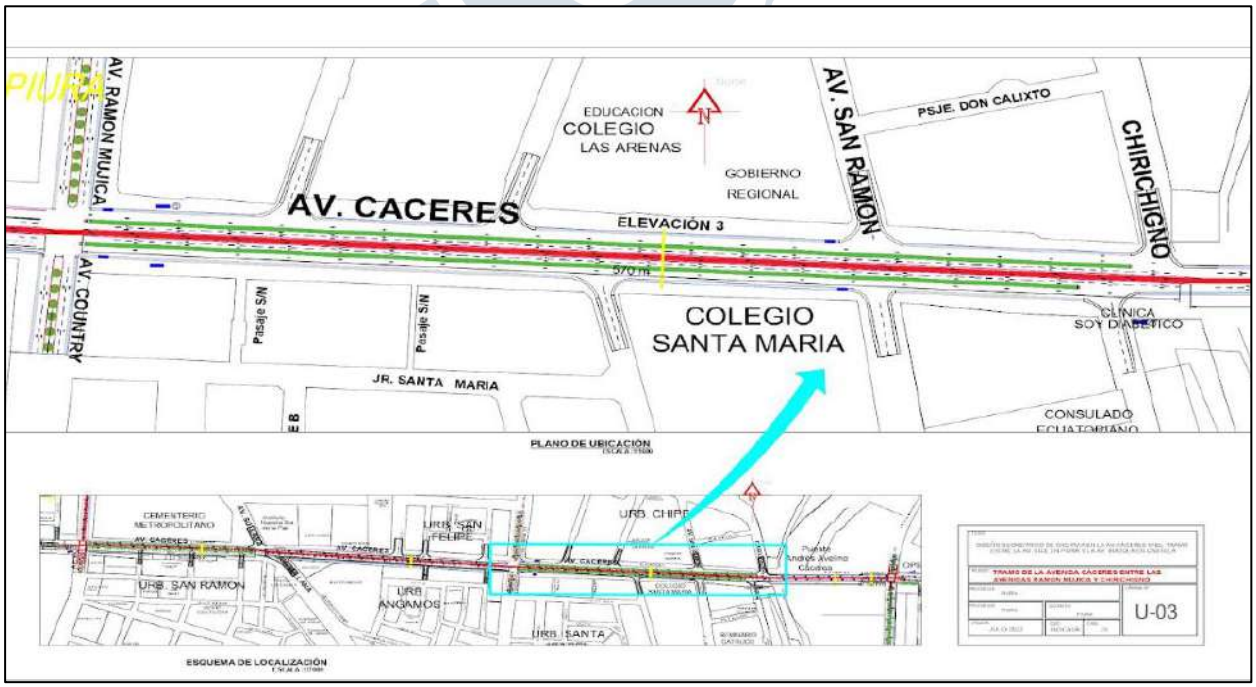
Figura 34. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 2 entre las avenidas Sullana y Ramón Mugica



c) Tramo 3 entre la avenida Ramón Mugica y la calle Chirichigno

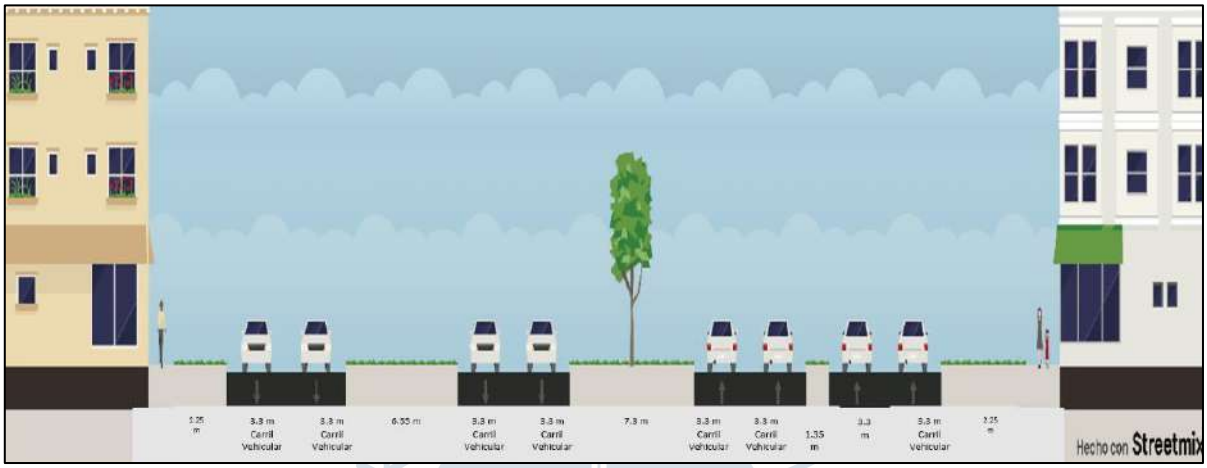
Esta elevación representa el tramo longitudinal ubicado en la avenida Cáceres entre las intersecciones con la avenida Ramón Mugica hasta el ingreso del Puente Cáceres en la calle Chirichigno, como se muestra en la figura 35.

Figura 35. Vista de planta tramo 3 entre la avenida Ramón Mugica y calle Chirichigno



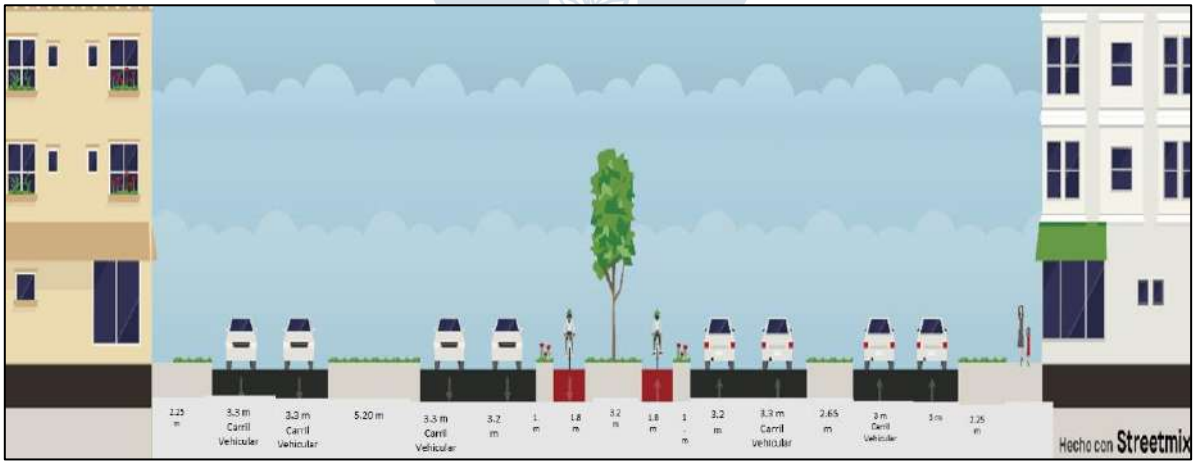
En este tramo hay dos vías principales con carriles de 3.30 m de ancho y dos vías auxiliares con carriles de 3.30m. Cuenta con dos separadores en las vías auxiliares de 6.55 m de ancho ubicado a la izquierda respecto del separador central, y de 1.35 m a la derecha, por último, un separador central de 7.30 m de ancho, como se muestra en la figura 36.

Figura 36. Sección real de vía. Tramo 3 entre avenida Ramón Mugica y calle Chirichigno



Se propone ubicar la ciclovía en la berma central con dos carriles unidireccionales de 1.80 m de ancho y una zona de confinamiento de 1.0 m en los extremos de la berma central, con un espacio de 1.70 m de ancho en el centro de la berma con fines de arbolado y red eléctrica, (ver figura 37).

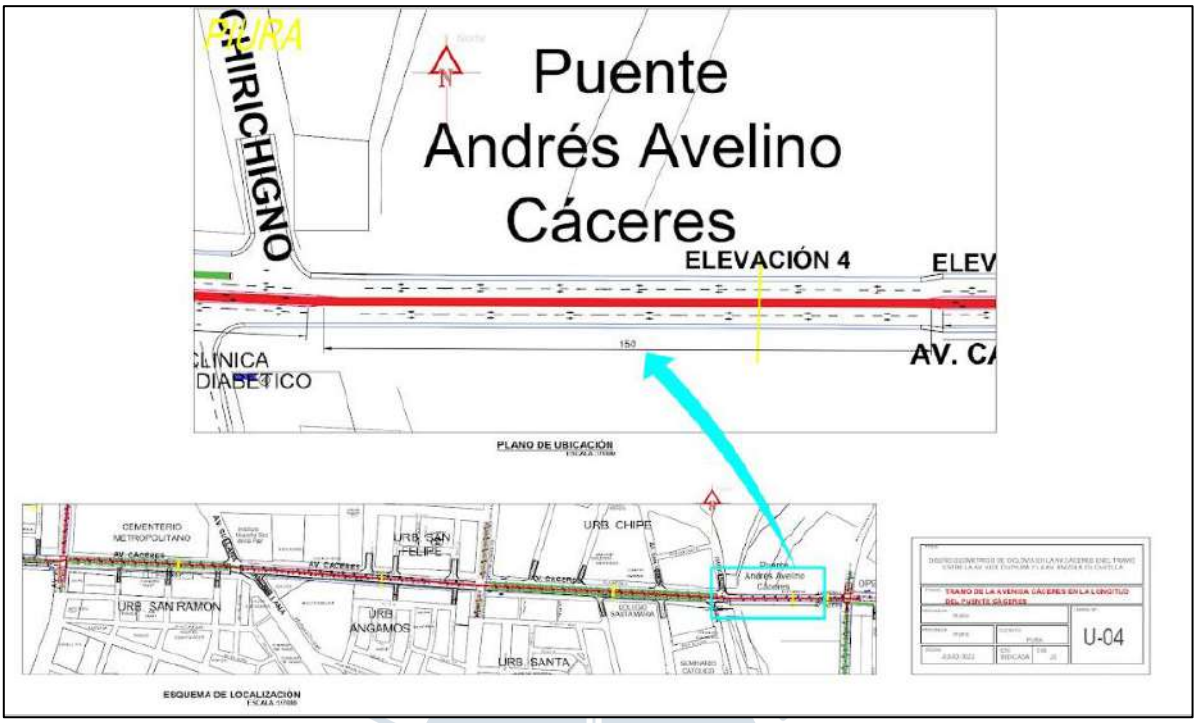
Figura 37. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 3 entre la avenida Ramón Mugica y calle Chirichigno



d) Tramo 4 sección del puente Cáceres

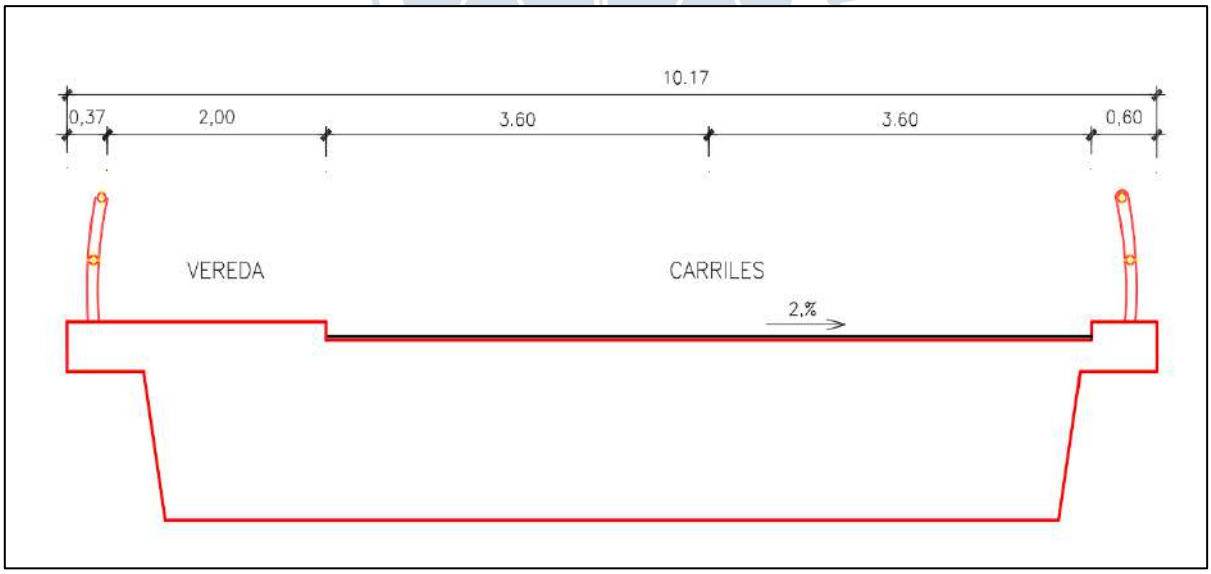
La elevación 4 está ubicada en el puente Cáceres, este consta de dos plataformas independientes, una de ida y otra de regreso. Cada plataforma mide 150 metros de largo por 9 metros de ancho; consta de dos carriles de 3.60 m de ancho cada uno, y una vereda de 2 m de ancho, tal como se muestra en las figuras 38 y 39.

Figura 38. Vista de planta tramo 4 en el puente Cáceres



***Nota*. La ciclovía está representada por una franja roja entre las dos plataformas del puente**

Figura 39. Sección real de plataforma del puente Cáceres



***Nota.* Ambas plataformas tienen las mismas dimensiones**

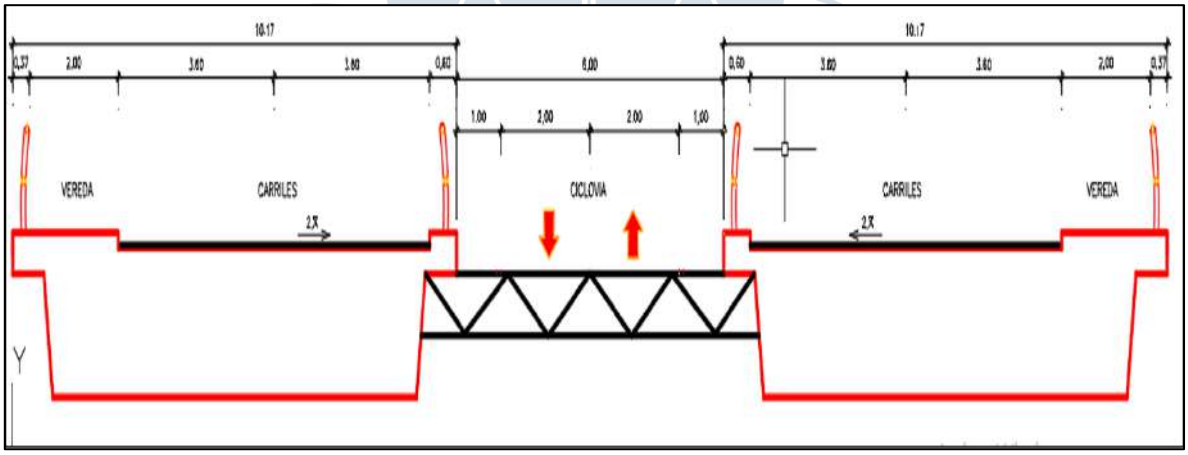
Dado al alto flujo vehicular que circula por el puente Cáceres, la dimensión del carril debe mantenerse en 3.60 m, no quedando espacio disponible una la ciclovía; es por ello por lo que se propone acondicionar una ciclovía bidireccional en el espacio que hay entre las plataformas, tal como se muestra en la figura 40.

Figura 40. Fotografía del puente Cáceres

***Nota*. En la toma fotográfica se pueden apreciar las dos plataformas y las veredas que miden 2 metros de ancho**

Se propone instalar en el espacio central una estructura metálica tipo tijeral de 6 m, cubriendo el área existente entre las plataformas a lo largo del puente con una ciclovía bidireccional de 4 m (2m para cada dirección) y 1m de confinamiento en los extremos, tal como se presenta en la figura 41.

Figura 41. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 4 en el puente Cáceres



***Nota.* Esquematización de ambas plataformas en conjunto con la ciclovía propuesta**

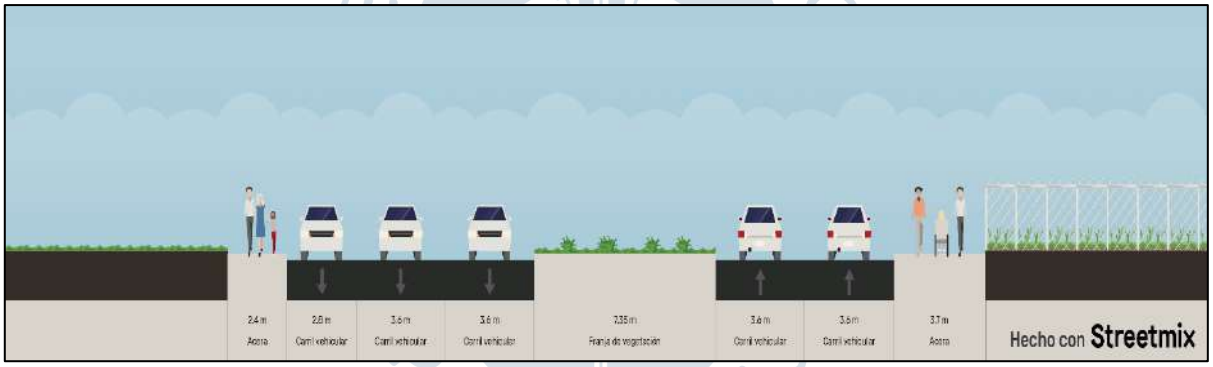
e) Tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Eguiguren

Esta elevación representa el tramo longitudinal ubicado en la avenida Cáceres, desde la salida del puente Cáceres hasta la avenida Irazola. Cuenta con dos vías principales; la vía que se dirige de Castilla a Piura cuenta con dos carriles de 3.60 m de ancho y la vía que se dirige de Piura a Castilla, inicia con 2 carriles de 3.60 m de ancho y

termina con 5 carriles de 3.30, además tiene un separador central de 7.35m, tal como se muestra en la figura 42 y 43.

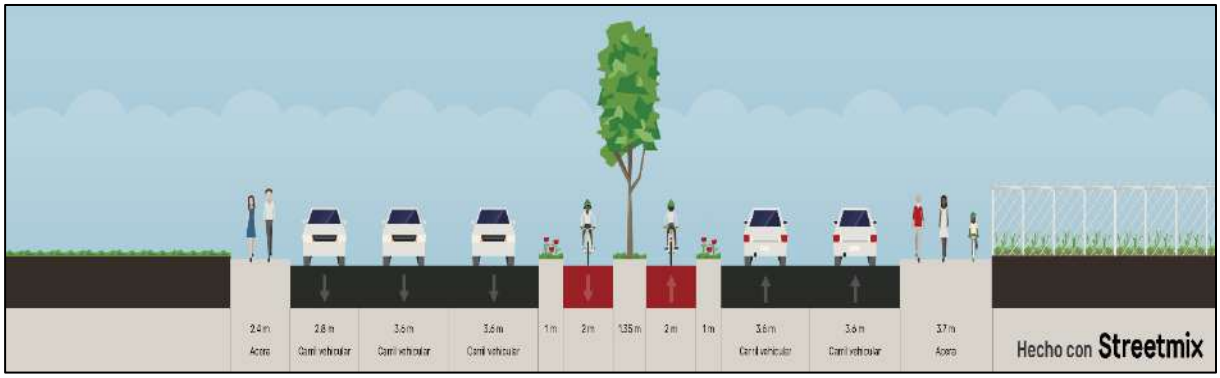
Figura 42. Vista de planta tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Irazola

Figura 43. Sección real de vía. Tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Irazola



Se propone ubicar la ciclovía en la berma central, compuesta por dos ciclovías unidireccionales de 2.0 m de ancho y una zona de confinamiento de 1.0 m en los extremos de la berma central. Al centro se consideró un espacio de 1.35 m de ancho para el arbolado, como se muestra en la figura 44.

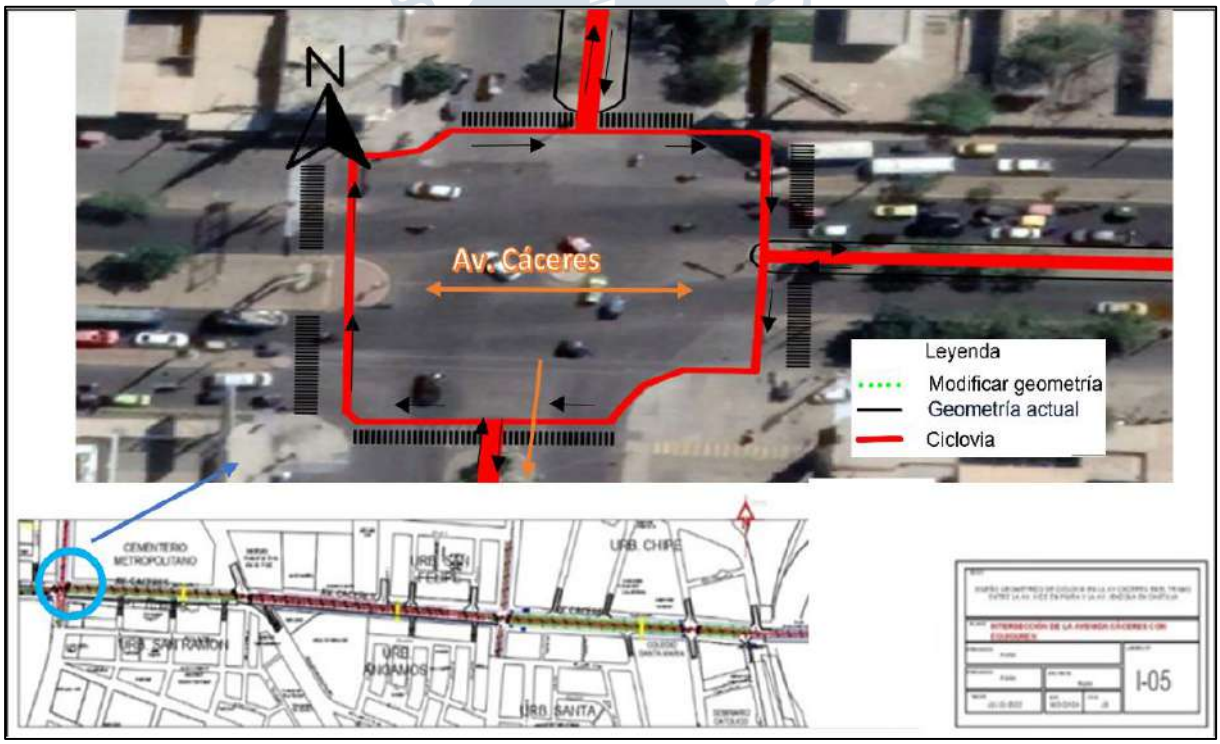
Figura 44. Sección de vía adicionando la ciclovía. Tramo 5 entre la salida del puente Cáceres y la avenida Irazola



3.2.2 *Diseño en intersecciones viales*

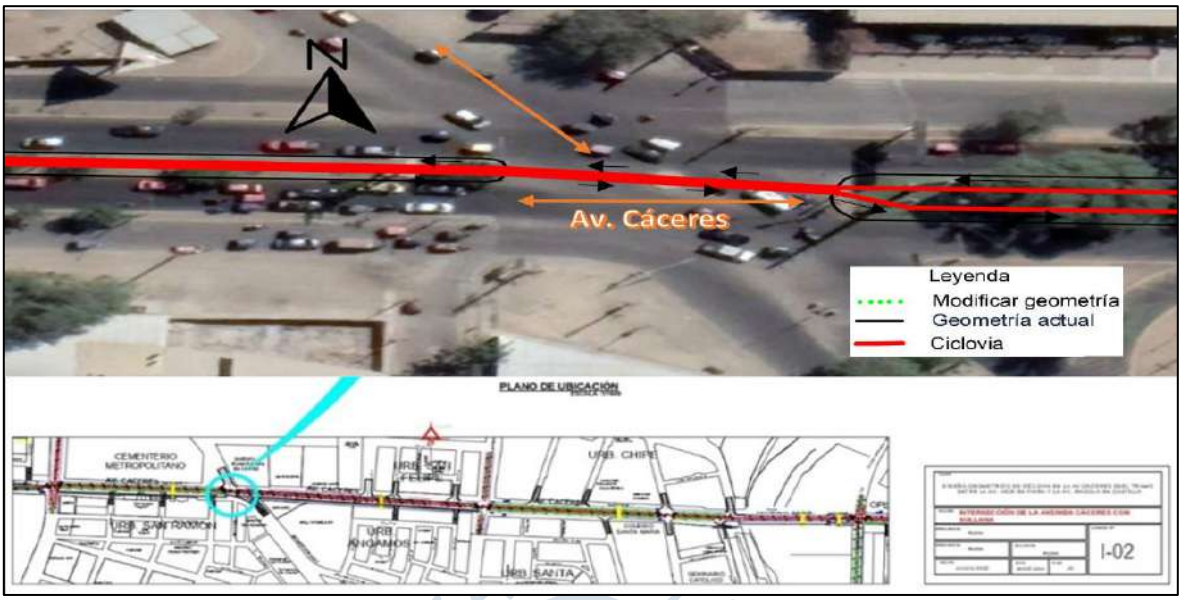
Todas las intersecciones deben señalizar los caminos por los que el ciclista podrá tener acceso a la ciclovía; cumpliendo con los requisitos de seguridad, coherencia y directividad. Para el criterio de seguridad es necesario señalizar horizontalmente, demarcando con pintura resaltante sobre el pavimento, y verticalmente, con señales de tránsito para bicicletas, ambas deben advertir a los conductores de vehículos automotores y a los peatones la presencia de ciclistas. Para el criterio de coherencia el camino debe ser claro y fácil de entender, esto se cumpliría señalizando con flechas de dirección en la ciclovía. Por último, el criterio de directividad debe seguir la línea de deseo de los ciclistas, con rutas los más directas posibles y con un mínimo las detenciones. Sin embargo, para ingresar a la ciclovía, en la intersección de las avenidas Vice y Cáceres, el cruce de los ciclistas será indirecto porque el ciclista tiene que cruzar por un espacio demarcado paralelo al paso de cebra, y hacer uso de los semáforos peatonales, como se muestra en la figura 45.

Figura 45. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Vice



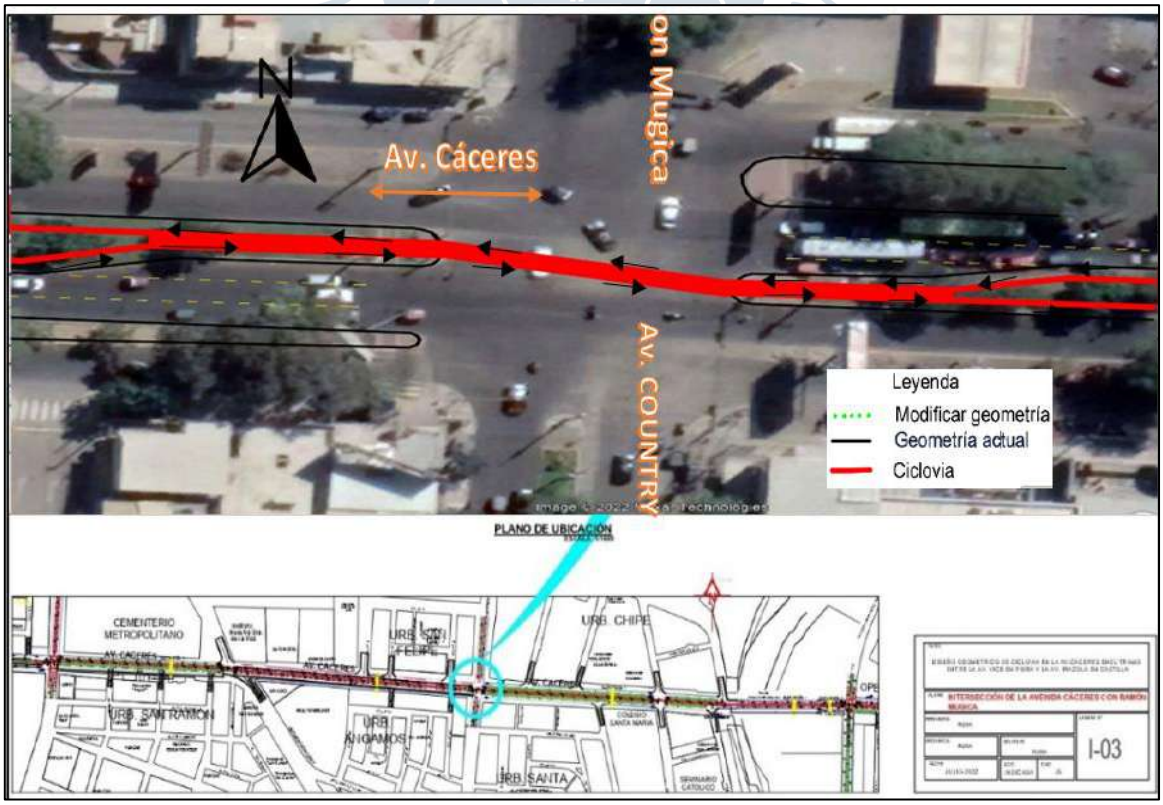
A partir de la intersección de las avenidas Sullana y Cáceres la línea de deseo es directa y por seguridad se debe incluir un intervalo de tiempo exclusivo para los ciclistas en el ciclo semafórico que permita el movimiento directo además del acceso y salida de los ciclistas en relación con la vía transversal respecto de la avenida Cáceres, e incluir semáforos para la ciclovía como se muestran en las figuras 46 a 49.

Figura 46. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Sullana



En la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica el separador central se reduce de 8.80 m a 5 m para la vía este y de 7.7 a 4.5m para la vía oeste, en ambos casos se puede implementar una ciclovía bidireccional de 3 m de ancho con el fin de no modificar la geometría; uniéndose la ciclovía unidireccional de doble sentido desde el acceso este hasta llegar al acceso oeste, para luego dividirse y seguir como en el diseño por tramos, como se muestra en la figura 47.

Figura 47. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica



En la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón el separador central se reduce de 7.30 m a 4 m para la vía oeste, por este tramo se puede implementar una ciclovía bidireccional de 3 m de ancho con el fin de no modificar la geometría; uniéndose la ciclovía unidireccional de doble sentido desde la vía este hasta llegar a la vía oeste, para luego dividirse y seguir como en el diseño por tramos, como se muestra en la figura 48.

En la intersección de las avenidas Cáceres y Irazola la reducción de la vía este es menor a 3 m por lo que será necesario modificar la geometría, reduciendo para la vía este, el número de carriles de cinco a cuatro. Esta intersección es el término de la ciclovía propuesta, dada la potencial extensión de la ciclovía, se grafica su proyección en la figura 49.

Figura 48. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón

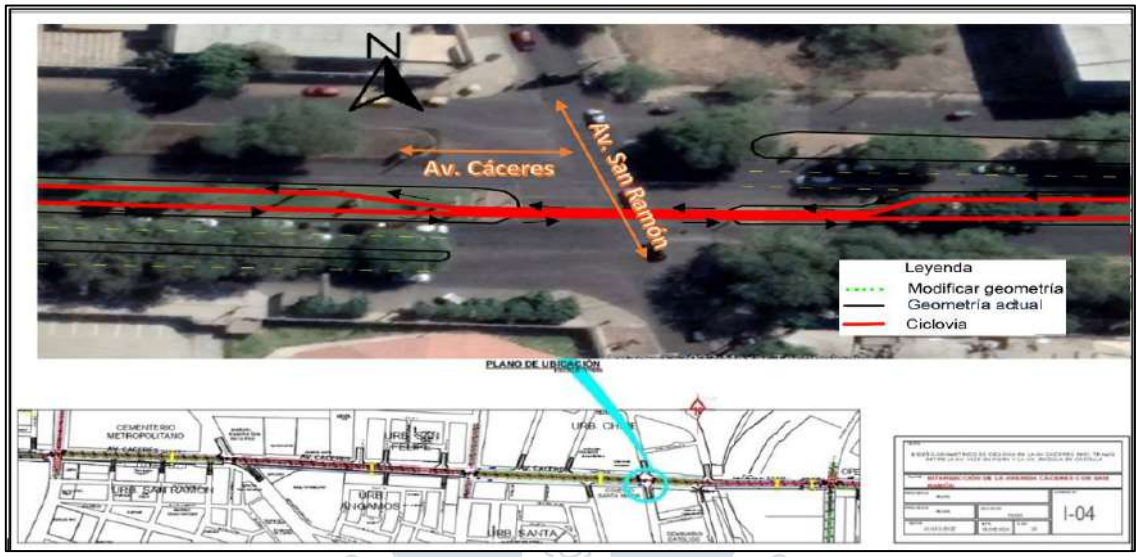


Figura 49. Ciclovía en intersección de las avenidas Cáceres y Irazola

3.3 Estacionamiento

Teniendo en cuenta los criterios mencionados en el ítem "1.4.5 Ciclo parqueaderos", se propone usar los ciclos parqueaderos instalados en los centros comerciales, tal como lo indica la ley 30936, ubicados al inicio y final de la ciclovía. Además, se identificó que el separador central en la intersección entre las avenidas Cáceres y Ramón Múgica cumple con los criterios mencionados anteriormente y con las dimensiones de parqueadero de la Norma técnica CE.0.30. Este ciclo parqueadero estaría orientado a cubrir la demanda de usuarios que se dirijan a la zona de bancos y universidades cercanas. En las figuras 50 y 51, se muestran la ubicación del ciclo parqueadero en corte y en planta.

Figura 50. Sección de vía adicionando ciclo parqueadero en el tramo 2

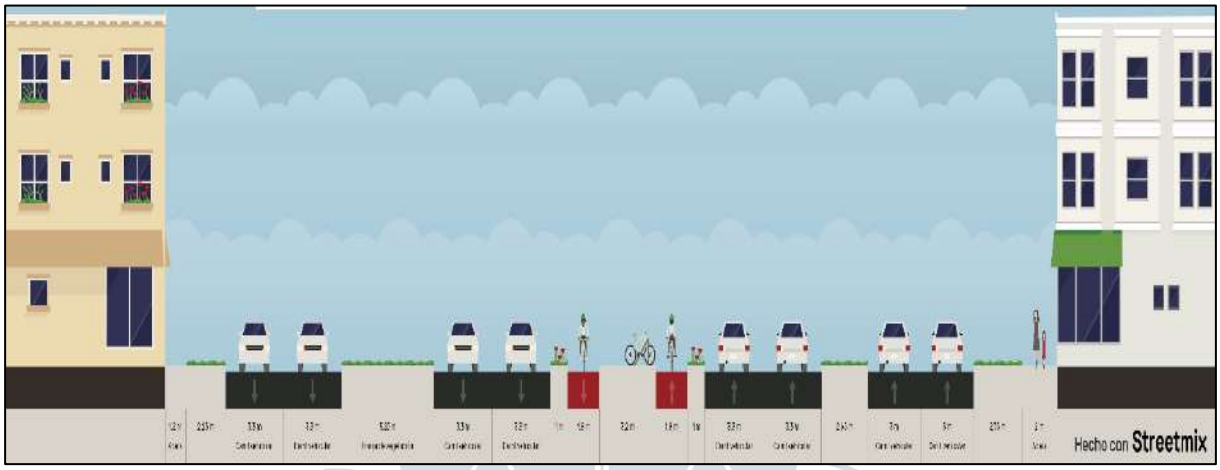
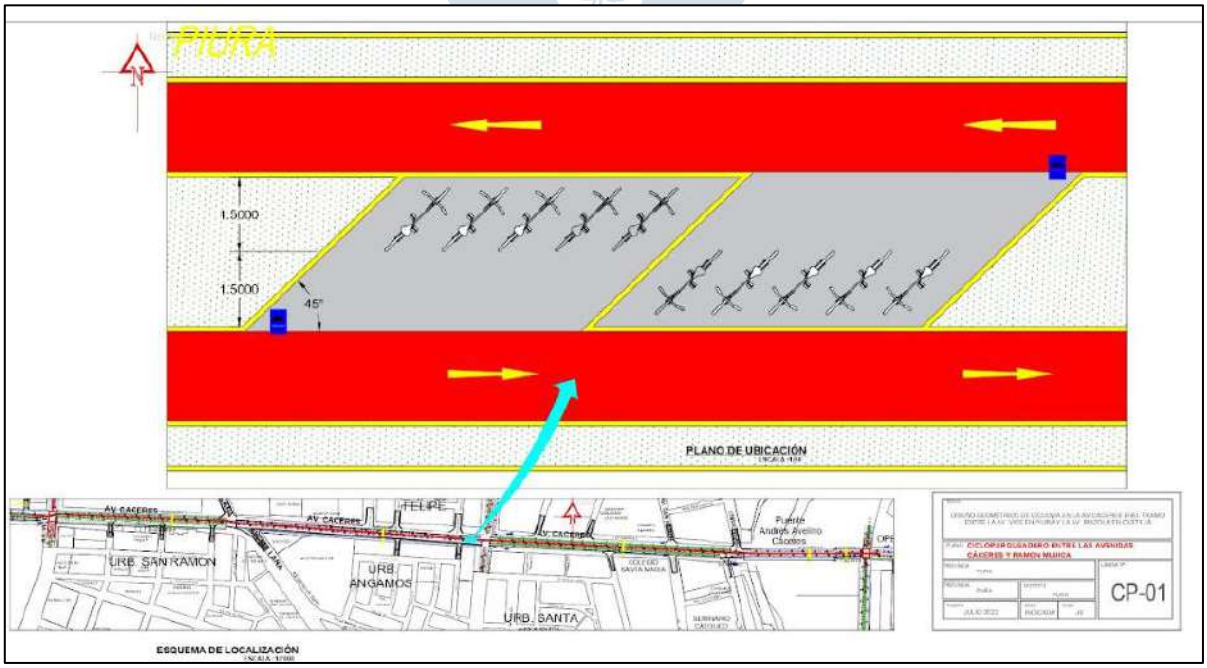


Figura 51. Vista de planta de ciclo parqueadero en el tramo 2

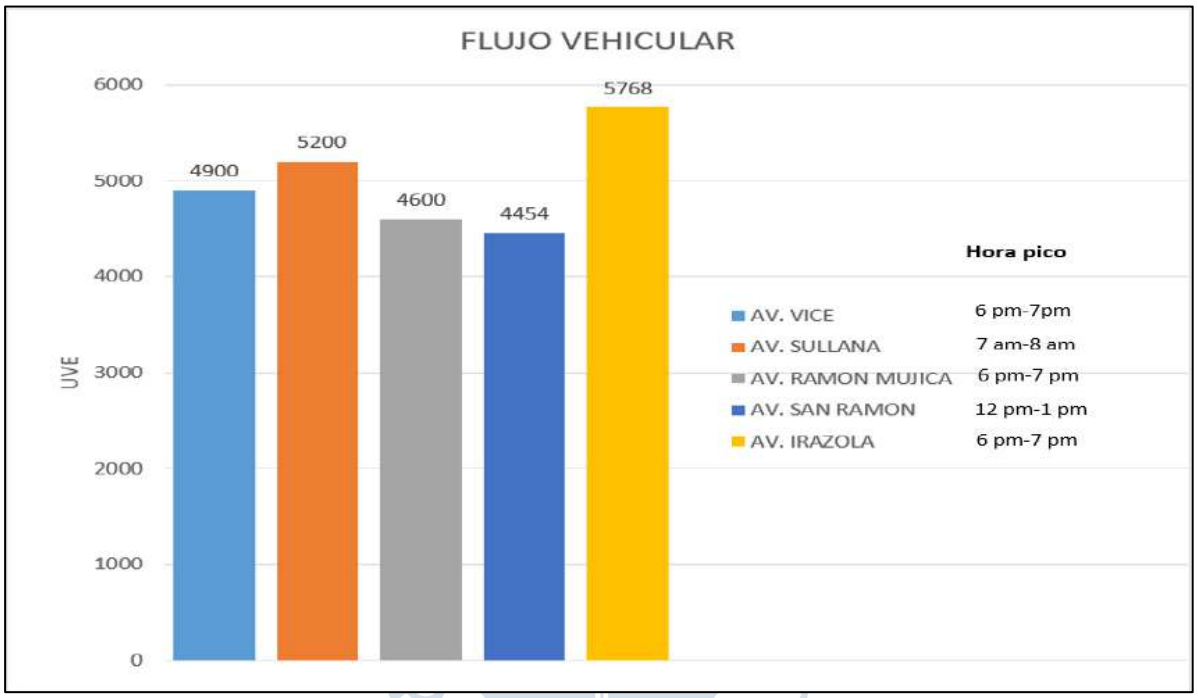


3.4 Semaforización en intersecciones

3.4.1 *Recolección de datos*

En la longitud de la ciclovía propuesta existen 5 intersecciones viales, se realizó un conteo vehicular en una sola dirección de cada una de las intersecciones durante 8 horas el martes 1 de marzo de 2022, mostrados en el anexo B1 hasta B5, de modo que se identifique el flujo vehicular y la hora pico de cada intersección como se muestra en la figura 52.

Figura 52. Flujo vehicular representativo en cada una de las intersecciones de la ciclovía propuesta



Para hacer un diagrama de fases fue necesario tener un conteo vehicular mixto identificando el sentido de los vehículos; para ello, se procedió a grabar tráfico vehicular durante la hora pico típica de cada intersección, obteniendo un flujograma de cada una de las intersecciones que conforman la ciclovía propuesta.

- Intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice
- Intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana
- Intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica
- Intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón
- Intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola

La figura 53 representa el flujograma en la intersección de las avenidas Cáceres y Vice. Los datos obtenidos del conteo vehicular durante el día 12 de setiembre del 2022, entre las 6 y 7 pm, en porcentaje de vehículos según el tipo, fueron de 49% de autos, 22%

de mototaxis y 29% de motos lineales para las vías este y oeste, y 46% de autos, 24% de mototaxis y 28% de motos lineales para las vías norte y sur.

Figura 53. Flujograma de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice

La figura 54 muestra el flujograma en la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana. Los datos que se obtuvieron del conteo vehicular durante el día 13 de setiembre del 2022, entre las 7 y 8 pm, en porcentaje según el tipo de vehículo, fueron de 44% de autos, 24% de mototaxis y 32% de motos lineales para las vías este y oeste, y 50% de autos, 21% de mototaxis y 29% de motos lineales para las vías norte y sur.

Figura 54. Flujograma de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

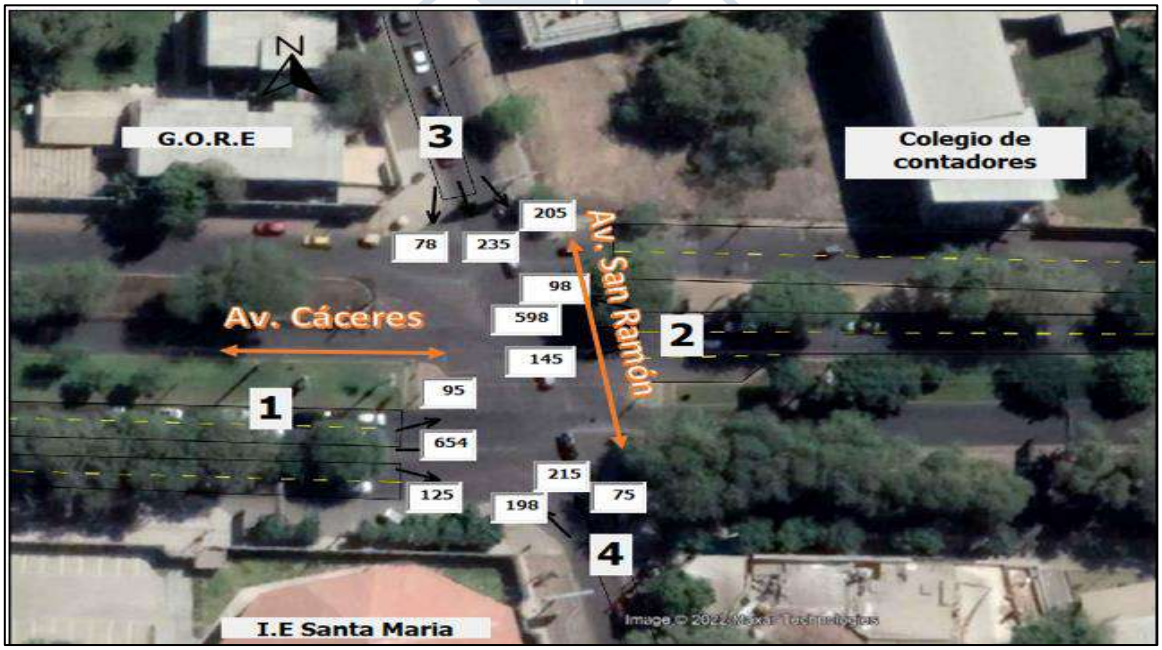
La figura 55 muestra el flujograma de la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica. Los datos que se obtuvieron del conteo vehicular durante el día 14 de setiembre del 2022, entre las 6 y 7pm, en porcentaje según el tipo de vehículo, fueron de 67% de autos, 1% de micros, 15% de mototaxis y 17% de motos lineales para las vías este

y oeste y 57% de autos, 2% de micros, 19% de mototaxis y 22% de motos lineales para las vías norte y sur.

Figura 55. Flujograma de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

La figura 56 muestra el flujograma en la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón. Los datos que se obtuvieron del conteo vehicular durante el día 15 de setiembre del 2022, entre las 12 y 13 pm, en porcentaje según el tipo de vehículo, fueron de 48% de autos, 1% de ómnibus, 2% de micros, 22% de mototaxis y 27% de motos lineales para las vías este y oeste, y 59% de autos, 17% de mototaxis y 24% de moto lineales para las vías norte y sur.

Figura 56. Flujograma de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón



La figura 57 muestra el flujograma vehicular en la intersección de las avenidas Cáceres e Irazola. Los datos que se obtuvieron del conteo vehicular durante el día 16 de setiembre del 2022, entre las 6 y 7pm, en porcentaje según el tipo de vehículo, fueron de 40% de autos, 2% de ómnibus, 2% de micros, 24% de mototaxis y 32% de motos lineales para la vía norte, 46% de autos, 5% de micros, 22% de mototaxis y 27% de motos lineales para la vía sur, 40% de autos, 1% de camiones, 1% de ómnibus, 6% de micros, 24% de mototaxis y 28% de motos lineales para la vía oeste y 40.5% de autos, 0.2% de camiones, 0.3% de ómnibus, 2% de micros, 34% de mototaxis y 23% de motos lineales para la vía este.

Figura 57. Flujograma de la intersección 5 de las de las avenidas Cáceres con Irazola

3.4.2 *Diseño de diagrama de fase vehicular y peatonal - escenario normal*

Las fases en ingeniería vial son el tiempo en el que el color de los semáforos en una intersección no cambia y permiten el movimiento de los vehículos o peatones. Para el diseño semafórico se debe identificar el número de fases, convertir los volúmenes vehiculares mixtos a equivalentes, determinar el ciclo semafórico vehicular y peatonal, el tiempo entre verdes y dibujar el diagrama de fases.

Como **primer paso** se identificó el número de fases, generalmente en una intersección el número de fases es dos, acondicionado a la continuidad de las vías que se intersecan, a excepción de que el flujo vehicular sea tan alto que genere conflicto como lo es para el giro a la izquierda. Según AASHTO si los vehículos que giran a la izquierda son mayores a 200 vehículos por hora, debe adicionarse una fase permitiendo el giro

protegido, este análisis se implementará en cada intersección con los datos de las figuras 53 a 57.

Para determinar el número de fases en las intersecciones de las avenidas Cáceres y Vice, y Cáceres con la avenida Sullana, se tomaron los volúmenes de las figuras 53 y 54 respectivamente, donde se observa que ningún volumen vehicular con giro a la izquierda supera el límite; por lo tanto, el número de fases para ambas intersecciones es dos, tal como se muestra las tablas 18 y 19.

Tabla 18. Número de fases en la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice

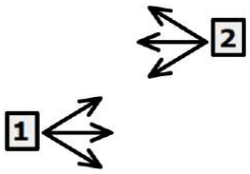
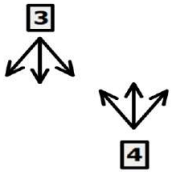
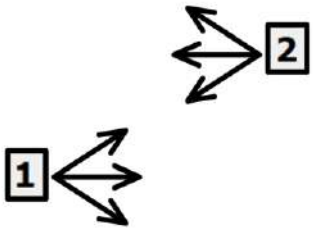
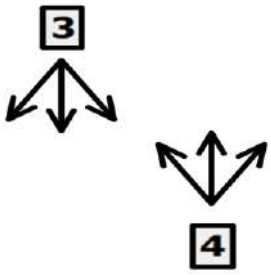
Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y Vice	
Fase 1 vías este y oeste	Fase 2 vías norte y sur
	

Tabla 19. Número de fases en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana	
Fase 1 vías este y oeste	Fase 2 vías norte y sur
	

Para determinar el número de fases en las intersecciones de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica, y Cáceres con la avenida San Ramón, se tomaron los volúmenes de la figura 55 y 56 respectivamente; en este caso, el número de fases para ambas intersecciones es tres, ya que su volumen con giro a la izquierda supera los 200 vehículos por hora. En el caso de la transversal con la avenida Ramón Mugica, los volúmenes de vehículos que giran a la izquierda superar el límite en los accesos este y oeste, mientras que en la avenida San Ramón es de norte y sur, tal como se presenta en las tablas 20 y 21.

Tabla 20. Número de fases en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

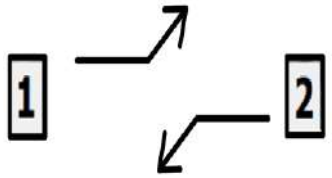
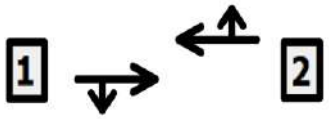
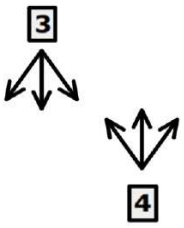
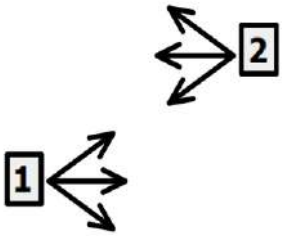
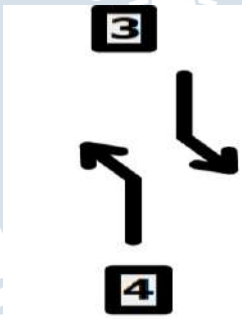
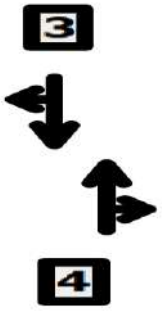
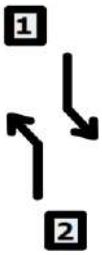
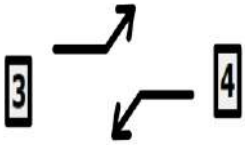
Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica		
Fase 1 giro protegido en las vías este y oeste	Fase 2 vías este y oeste	Fase 3 vías norte y sur
		

Tabla 21. Número de fases en la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón		
Fase 1 vías este y oeste	Fase 2 giro protegido de las vías norte y sur	Fase 3 vías norte y sur
		

Para determinar el número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola se tomaron los volúmenes de la figura 57, donde se observa que todos los accesos tienen un volumen de giro a la izquierda superior al límite; por lo que, para permitir el giro protegido de los vehículos serán necesarias cuatro fases: la primera permitiría el giro protegido a la izquierda de la vía norte y sur; la segunda facultaría el movimiento del volumen vehicular restante de la fase uno en las vías norte y sur, la tercera facilitaría el giro protegido a la izquierda de las vías este y oeste; y la última permitiría el movimiento del volumen vehicular restante de la fase tres en las vías este y oeste, tal como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Número de fases en la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola

Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola			
Fase 1 giro protegido de las vías norte y sur	Fase 2 vías norte y sur	Fase 3 giro protegido de las vías este y oeste	Fase 4 vías este y oeste
			

Como **segundo paso**, los volúmenes obtenidos por el conteo vehicular mixtos se convierten a una unidad equivalente para cada intersección usando los factores de conversión de la tabla 17 (ver capítulo 1) y los porcentajes de la composición vehicular de cada intersección.

A continuación, se procede a convertir a una unidad equivalente los vehículos mixtos que giran a la izquierda, a la derecha y al frente para la intersección de las avenidas Cáceres y Vice

a) Cálculo de las unidades equivalentes para el acceso este:

- Izquierda= 105*0.49*1.5 + 105*0.22*1.5*1.25 + 105*0.29*1.5*1 = 167
- De frente= 612*0.49 + 612*0.22*1.25 + 612*0.29*1 =646
- Derecha = 157*0.49*1.1 + 157*0.22*1.1*1.25 + 157*0.29*1.1*1 = 183

b) Cálculo de las unidades equivalentes para el acceso oeste:

- Izquierda= 198*0.49*1.5 + 198*0.22*1.5*1.25 + 198*0.29*1.5*1 = 314
- De frente = 635*0.49 + 635*0.22*1.25 + 635*0.29*1 =670
- Derecha = 80*0.49*1.1 + 80*0.22*1.1*1.25 + 80*0.29*1.1*1 = 93

c) Cálculo de las unidades equivalentes para el acceso norte:

- Izquierda= 89*0.46*1.5 + 89*0.24*1.5*1.25 + 89*0.28*1.5*1 = 139
- De frente = 263*0.46 + 263*0.24*1.25 + 263*0.28*1 = 274
- Derecha = 100*0.46*1.1 + 100*0.24*1.1*1.25 + 100*0.28*1.1*1 = 115

d) Cálculo de las unidades equivalentes para el acceso sur:

- Izquierda= 350*0.46*1.5 + 350*0.24*1.5*1.25 + 350*0.28*1.5*1 = 320
- De frente= 305*0.46 + 305*0.24*1.25 + 305*0.28*1 = 318

- Derecha = 255*0.46*1.1 + 255*0.24*1.1*1.25 + 255*0.28*1.1*1 = 292

Aplicando el mismo procedimiento de cálculo anterior, se convierten los vehículos mixtos a equivalentes para cada intersección, tal como se resumen en las tablas 23 al 27:

Tabla 23. Volúmenes equivalentes de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice

Volúmenes equivalentes de la intersección de las avenidas Cáceres y Vice			
Acceso	Izquierda	De frente	Derecha
1(este)	167	646	183
2(oeste)	314	670	93
3(norte)	139	274	115
4(sur)	320	318	292

Tabla 24. Volúmenes equivalentes de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

Volúmenes equivalentes de la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana			
Acceso	Izquierda	De frente	Derecha
1(este)	104	625	327
2(oeste)	252	515	47
3(norte)	198	211	70
4(sur)	318	116	290

Tabla 25. Volúmenes equivalentes de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

Volúmenes equivalentes de la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica			
Acceso	Izquierda	De frente	Derecha
1(este)	358	567	178
2(oeste)	293	510	92
3(norte)	175	621	192
4(sur)	164	581	175

Tabla 26. Volúmenes equivalentes de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Volúmenes equivalentes de la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón			
Acceso	Izquierda	De frente	Derecha
1(este)	153	700	148
2(oeste)	233	640	116
3(norte)	236	245	90
4(sur)	228	225	87

Tabla 27. Volúmenes equivalentes de la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola

Volúmenes equivalentes de la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola			
Acceso	Izquierda	De frente	Derecha
1(norte)	413	285	362
2(sur)	273	267	269
3(este)	333	646	172
4(oeste)	347	761	150

Como **tercer paso** se debe calcular el tiempo entre verdes, ámbar y todo rojo por lo que se hará uso de las fórmulas del apartado 1.5.3.1, capítulo 1, tomando en consideración los siguientes datos:

- Tiempo de reacción de 1 segundo
- Velocidad vehicular de 50km/h, que es la velocidad máxima permitida en una avenida. (El peruano, 2021)
- Factor de rozamiento de pavimento de 0.33 (Timana, 2019)
- Gravedad igual a 9.81 $m\ /s^2$
- Longitud de vehículo, se usa un promedio de 6 metros de largo (Timana, 2019)
- El ancho de la intersección es variable según en qué dirección se orienta

$$I = t_r + \frac{V}{2f_x g} + \frac{W + L}{V} = 1 + \frac{50/3.6}{2 * 0.33 * 9.81} + \frac{28 + 6}{50/3.6} = 5.6 \approx 6\ s$$

$$I = A + AR\ si\ \ AR = 2, entonces\ A = 4\ s$$

Cabe resaltar que cuando exista el giro protegido no se calcula el tiempo entre verdes, y se toma el valor del ámbar promedio (Timana, 2019).

A continuación, se presenta el cálculo de tiempo entre verdes de cada intersección en las tablas 28 al 32 respectivamente.

Tabla 28. Tiempo entre verdes de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y Vice			
Accesos	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 este y oeste	6	4	2
Fase 2 norte y sur	6	4	2

Tabla 29. Tiempo entre verdes de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana			
Fase	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 este y oeste	6	4	2
Fase 2 norte y sur	6	4	2

Tabla 30. Tiempo entre verdes de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica			
Fase	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 este y oeste (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 2 este y oeste	6	4	2
Fase 3 norte y sur	6	4	2

Tabla 31. Tiempo entre verdes de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón			
Fase	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 este y oeste	6	4	2
Fase 2 norte y sur (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 3 norte y sur	6	4	2

Tabla 32. Tiempo entre verdes de la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola			
Acceso	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 norte y sur (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 2 norte y sur	6	4	2
Fase 3 este y oeste (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 4 este y oeste	6	4	2

Como **cuarto paso** se calcula el tiempo del ciclo total, para ello es necesario definir la relación Y (volumen/flujo de saturación) mostrados en las tablas 33 al 37, se divide el volumen crítico de cada fase entre el flujo de saturación base de 1900 uve/h/carril, que recomienda el manual capacidad vial (HCM, 2000).

Tabla 33. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice

Relación de volumen y flujo de saturación	
Fase	Y
Fase 1	0.14
Fase 2	0.24

Tabla 34. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

Relación de volumen y flujo de saturación	
Fase	Y
Fase 1	0.14
Fase 2	0.25

Tabla 35. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

Relación de volumen y flujo de saturación	
Fase	Y
Fase 1	0.19
Fase 2	0.23
Fase 3	0.26

Tabla 36. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Relación de volumen y flujo de saturación	
Fase	Y
Fase 1	0.13
Fase 2	0.12
Fase 3	0.18

Tabla 37. Relación volumen y flujo de saturación de la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola

Relación de volumen y flujo de saturación	
Fase	Y
Fase 1	0.18
Fase 2	0.14
Fase 3	0.21
Fase 4	0.13

Con la relación del volumen y el flujo de saturación se procede a calcular la longitud del ciclo usando la ecuación del ítem 1.5.3.1, capítulo 1, que consideran los siguientes datos:

- El tiempo perdido por fase (L), se considerará como 5 segundos por fase
- El número de fases correspondiente a cada intersección
- La relación Y (volumen/flujo de saturación) mostrado en las tablas 33 al 37

$$C_0 = \frac{1.5\,L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\emptyset} Y_i}$$

$$C_0 = \frac{1.5\,(5 * 2) + 5}{1 - (0.14 + 0.24)}$$

$$C_0 = 33 \approx 40\ s$$

Aplicando este procedimiento se calcula el tiempo del ciclo total de todas las intersecciones involucradas en la ciclovía propuesta, cabe resaltar que según la Dirección General de tránsito (DGT) citado en (Legalitas, 2015) el ciclo semafórico con duración fuera de los límites de 35 a 150 segundos es poco aconsejable, dando como resultado:

- Intersección de las avenidas Cáceres y Vice tiempo de ciclo de 40 segundos
- Intersección de las avenidas Cáceres y Sullana tiempo de ciclo de 40 segundos
- Intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica tiempo de ciclo de 90 segundos
- Intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón tiempo de ciclo de 50 segundos
- Intersección de las avenidas Cáceres y Irazola tiempo de ciclo de 110 segundos

También es necesario calcular el ciclo mínimo para los peatones para el cual se hará uso de la del ítem 1.5.3.2, capítulo 1:

$$R_i = \frac{W}{V_p}$$

Donde w es variables según la dirección a cruzar y la velocidad peatonal es de 3 km/s, según (Contreras, 2006).

$$Fase\ 1 = \frac{W}{V_p} = \frac{36}{3} = 12\ s$$

$$Fase\ 2 = \frac{W}{V_p} = \frac{28}{3} = 9\ s$$

$$G = Z + R_i - A$$

$$NPI = R_i - A$$

$$NPI\ de\ fase\ 1 = 12 - 4 = 8$$

$$NPI\ de\ fase\ 2 = 9 - 4 = 5$$

$$G\ fase\ 1 = 7 + 12 - 4 = 15\ s$$

$$G\ fase\ 2 = 7 + 9 - 4 = 12\ s$$

Aplicando el procedimiento anterior, se calcula el ciclo mínimo para el diagrama de fases peatonal de las intersecciones involucradas en la ciclovía, dando como resultado los valores de semaforización peatonal, tal como se muestra en las tablas 38 al 42.

Tabla 38. Semaforización peatonal en la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Vice

Fases	R	NPI	G
Fase 1 este y oeste	11	7	14
Fase 2 norte y sur	12	8	15

Tabla 39. Semaforización peatonal en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

Fases	R	NPI	G
Fase 1 este y oeste	11	7	14
Fase 2 norte y sur	12	8	15

Tabla 40. Semaforización peatonal en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Múgica

Fases	R	NPI	G
Fase 1 este y oeste	13	9	16
Fase 2 norte y sur	7	3	10

Tabla 41. Semaforización peatonal en la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Fases	R	NPI	G
Fase 1 este y oeste	8	4	11
Fase 2 norte y sur	14	10	17

Tabla 42. Semaforización peatonal en la intersección 5 de las avenidas Cáceres e Irazola

Fases	R	NPI	G
Fase 1 norte y sur	10	6	13
Fase 2 este y oeste	7	3	10

Como quinto paso se obtiene la distribución del tiempo del ciclo de cada intersección; para ello, se procede a dividir este tiempo en intervalos en función del criterio del diseñador ya que este tiene la facultad de ajustar la longitud del ciclo entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo según (Cal y Mayor, citado en Timana Rojas, 2019).

El tiempo de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y Vice se presenta en la tabla 43, donde se observa que el tiempo de la fase uno es muy bajo pudiendo generar conflictos en el movimiento. Una solución a este problema es duplicar los datos de la fase dos, que tiene un mayor tiempo, aumentando a 50 segundos el ciclo total, este mismo criterio aplica para la intersección de la avenida Cáceres y Sullana por tener parámetros similares.

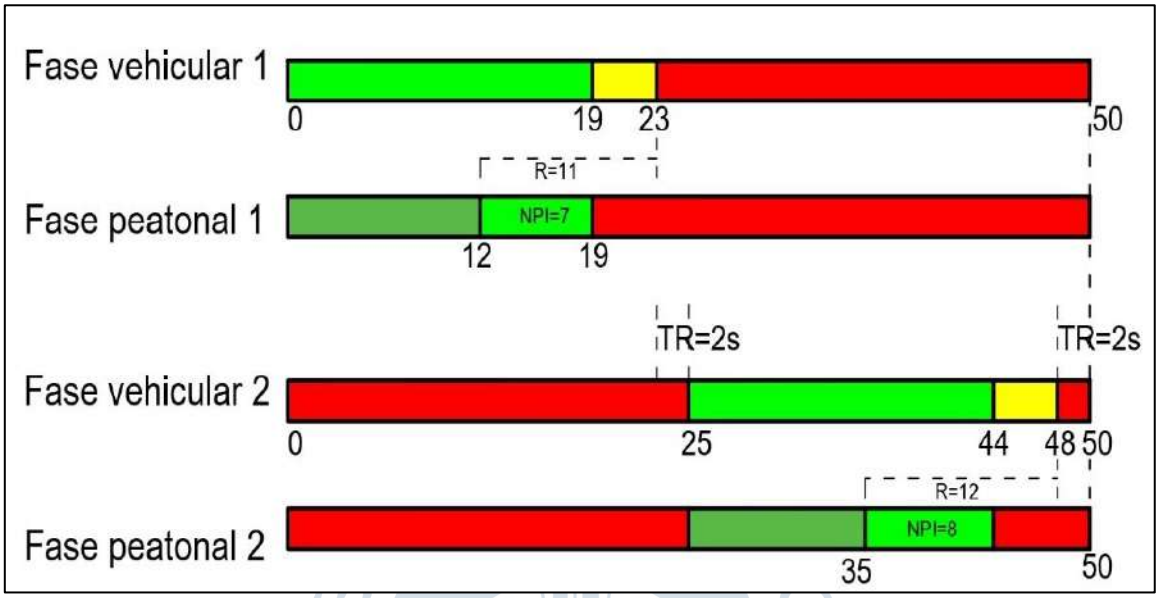
Tabla 43. Distribución de tiempos de fases para la intersección 1 y 2 de la prolongación Cáceres y las avenidas Vice y Sullana

Fase	Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 este y oeste	15	9	4	2
Fase 2 norte y sur	25	19	4	2

Los valores de la tabla 43 son representados en la figura 58 donde se muestra la coexistencia de los diagramas de fases vehicular y peatonal de la intersección de las

avenidas Cáceres y Vice, este mismo criterio de distribución de fases es aplicable para la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana.

Figura 58. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 1 y 2 de la prolongación Cáceres con las avenidas Vice y Sullana



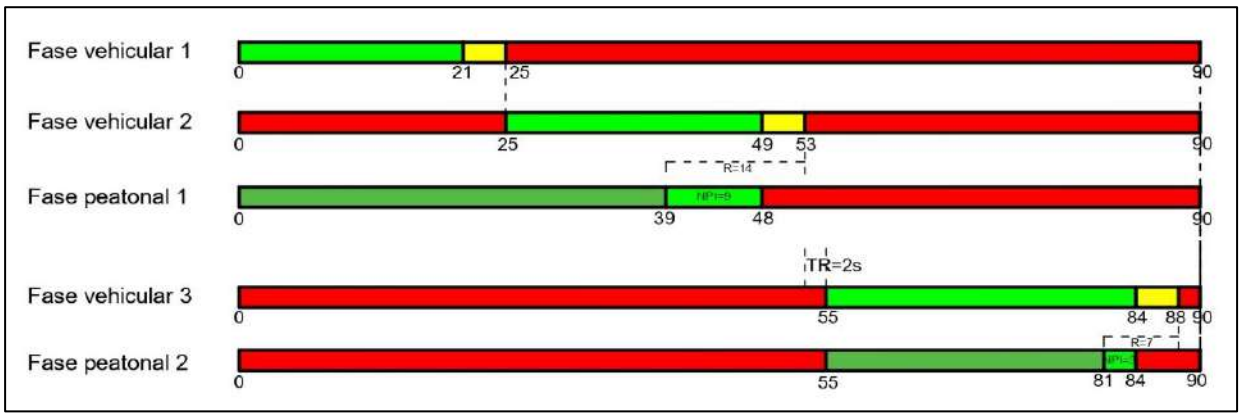
En la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica, las tres fases tienen un intervalo de tiempo adecuado por lo que no habrá ninguna modificación, cabe resaltar que en la fase uno no se calcula el tiempo entre verdes (ver tabla 44).

Tabla 44. Distribución de tiempo de fases para la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

Fase	I Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 este y oeste (giro protegido a la izquierda)	25	21	4	
Fase 2 este y oeste	30	24	4	2
Fase 3 norte y sur	35	29	4	2

La coexistencia del diagrama de fases peatonal y vehicular de esta intersección vial, muestra dos fases vehiculares, una de ellas es de giro protegido, en relación con una fase peatonal (ver figura 59).

Figura 59. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica



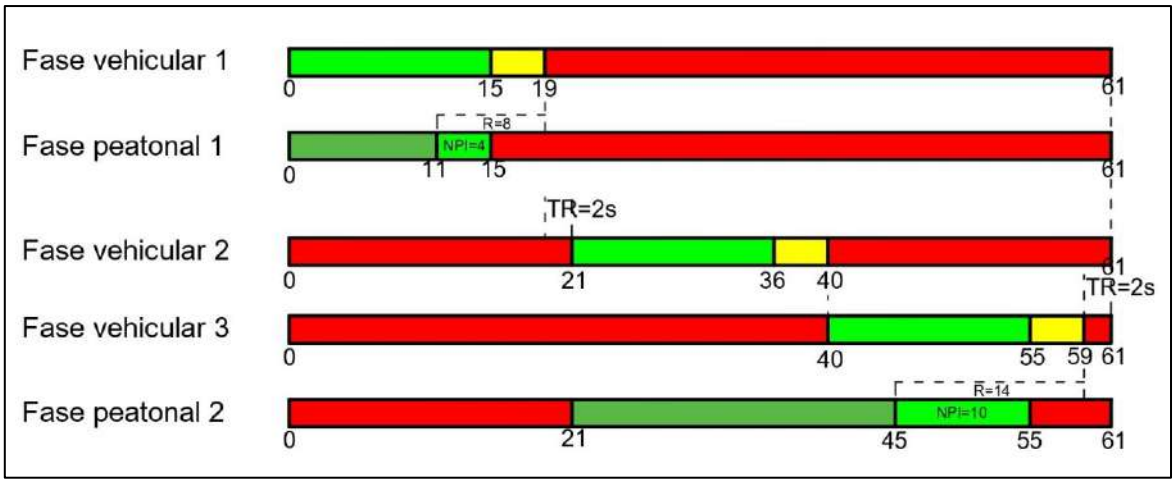
En la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón se observa que el tiempo de las fases uno y dos es muy bajo, esto no es recomendable, por lo que una solución es duplicar los datos de la fase tres que tiene un mayor tiempo, dependiendo del criterio del diseñador. (ver tabla 45)

Tabla 45. Distribución de tiempo de fases para la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Fase	I Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 este y oeste	16	10	4	2
Fase 2 norte y sur (giro protegido a la izquierda)	14	10	4	
Fase 3 norte y sur	21	15	4	2

Duplicando los tiempos de la fase tres a las fases uno y dos, a excepción del tiempo de todo rojo en la fase dos, el ciclo total se modificará a 61 s (ver figura 60).

Figura 60. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón



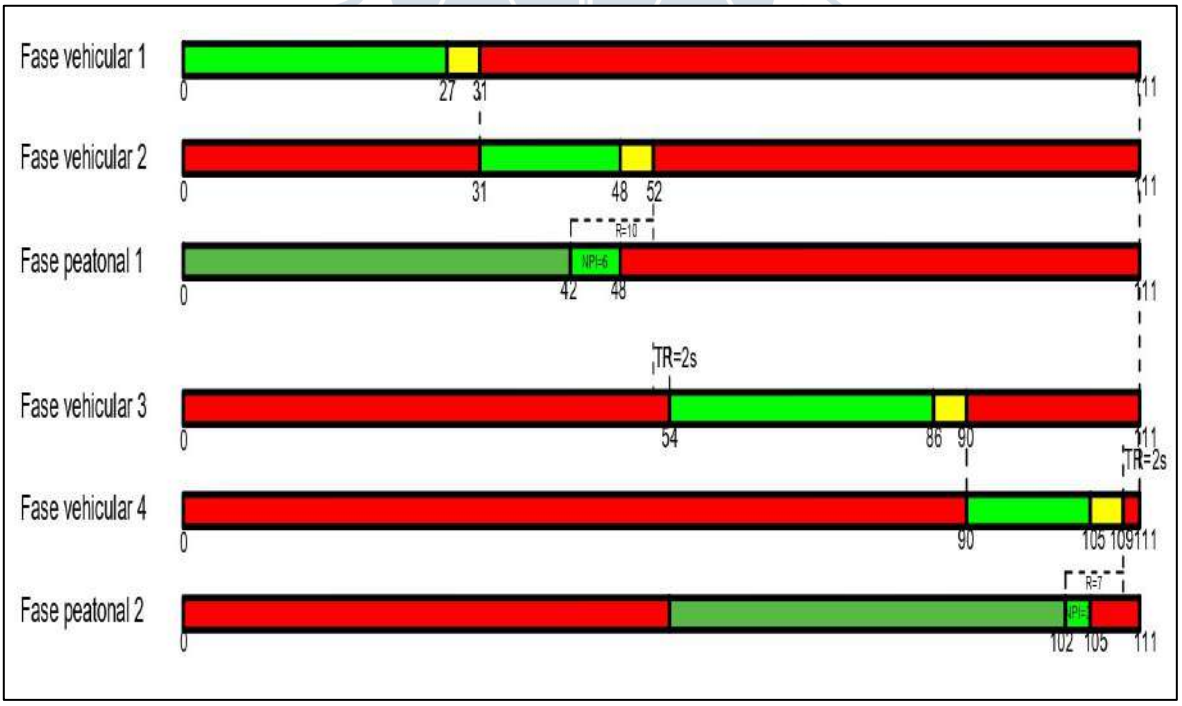
En la intersección de las avenidas Cáceres y Irazola, las cuatro fases un intervalo de tiempo adecuado por lo que no habrá ninguna modificación, cabe resaltar que la fase uno y tres no se calcula el tiempo entre verdes (ver tabla 46).

Tabla 46. Distribución de tiempo de fases para la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola

Fase	I Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 norte y sur (giro protegido a la izquierda)	31	27	4	
Fase 2 norte y sur	23	17	4	2
Fase 3 este y oeste (giro protegido a la izquierda)	36	32	4	
Fase 4 este y oeste	21	15	4	2

En esta intersección al haber cuatro fases vehiculares y dos peatonales su coexistencia será relacionando dos fases vehiculares con una peatonal, siendo una de estas fases vehiculares de giro protegido (ver figura 61).

Figura 61. Diagrama de fases vehicular y peatonal de la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola



3.4.3 *Diagrama de fases vehicular con presencia de ciclovía*

Usando la misma metodología del diseño anterior, para calcular el diagrama de fases vehicular se comienza identificando las fases: para la intersección de las avenidas Cáceres y Vice se usará el mismo número de fases y los ciclistas se moverán usando los semáforos peatonales; pero, para las demás intersecciones será necesario incorporar una fase exclusiva para los ciclistas, como se muestra en las tablas 47 a 50.

Tabla 47. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

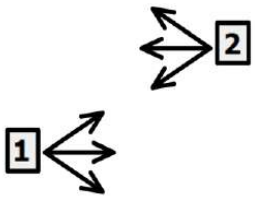
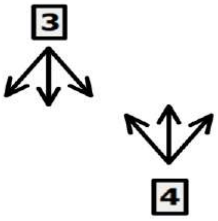
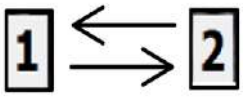
Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana		
Fase 1 vías este y oeste	Fase 2 vías norte y sur	Fase 3 separador central este y oeste (ciclovía)
		

Tabla 48. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

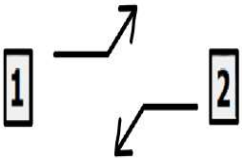
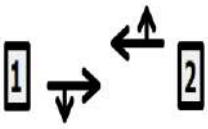
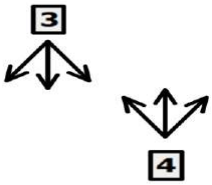
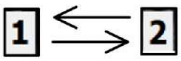
Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica			
Fase 1 giro protegido en las vías este y oeste	Fase 2 vías este y oeste	Fase 3 vías norte y sur	Fase 4 separador central este y oeste (ciclovía)
			

Tabla 49. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

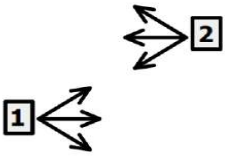
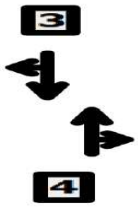
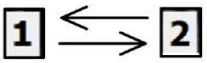
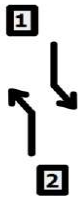
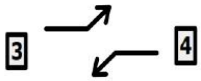
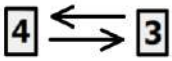
Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón			
Fase 1 vías este y oeste	Fase 2 giro protegido de las vías norte y sur	Fase 3 vías norte y sur	Fase 4 separador central este y oeste (ciclovía)
			

Tabla 50. Número de fases incorporando la ciclovía en la intersección 5 de las avenidas Cáceres y Irazola

Número de fases en la intersección de las avenidas Cáceres y Irazola				
Fase 1 giro protegido de las vías norte y sur	Fase 2 vías norte y sur	Fase 3 giro protegido de las vías este y oeste	Fase 4 vías este y oeste	Fase 5 separador central este y oeste (ciclovía)
				

Para el cálculo del tiempo entre verdes de los vehículos se usarán los mismos datos de las tablas 29 a 32, pero se incorporará el tiempo entre verdes de la fase para la ciclovía, considerando una velocidad promedio del ciclista de 18 km/h y la longitud aproximada del vehículo (bicicleta) de 2 m, y así obtener los tiempos entre verdes de las fases para la ciclovía en cada intersección, resumidos en las tablas 51 a 54.

Tabla 51. Tiempo entre verdes incorporando la ciclovía en la intersección 1 de las avenidas Cáceres y Sullana

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana			
Fase	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 este y oeste	6	4	2
Fase 2 norte y sur	6	4	2
Fase 3 separador central este y oeste (ciclovía)	8	6	2

Tabla 52. Tiempo entre verdes incorporando la ciclovía en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica			
Fase	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 este y oeste (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 2 este y oeste	6	4	2
Fase 3 norte y sur	6	4	2
Fase 4 separador central este y oeste (ciclovía)	7	5	2

Tabla 53. Tiempo entre verdes incorporando la ciclovía en la intersección 3 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón			
Fase	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 este y oeste	6	4	2
Fase 2 norte y sur (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 3 norte y sur	6	4	2
Fase 4 separador central este y oeste (ciclovía)	7	5	2

Tabla 54. Tiempo entre verdes de la intersección 4 de las avenidas Cáceres con Irazola

Tiempo entre verdes de la intersección de las avenidas Cáceres y Irazola			
Acceso	Tiempo entre verdes(I)	Ámbar(A)	Todo rojo (TR)
Fase 1 norte y sur (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 2 norte y sur	6	4	2
Fase 3 este y oeste (giro protegido a la izquierda)		4	
Fase 4 este y oeste	6	4	2
Fase 5 separador central este y oeste (ciclovía)	7	5	2

Para calcular el tiempo del ciclo total, se usa la relación volumen y flujo de saturación de las tablas 34 a 37, incorporando la relación volumen y flujo de saturación para la ciclovía. Cabe indicar que el cálculo de la fase exclusiva en la ciclovía tendrá un volumen esperado de 100 ciclistas por hora, que convertidos a una unidad vehicular equivalente seguirán siendo 100 unidades, ya que se usará el factor de conversión de motocicletas que es uno.

A continuación, se presenta la relación volumen y flujo de saturación que se usará para la fase exclusiva de ciclistas en cada intersección vial de la ciclovía propuesta:

$$\text{Fase exclusiva para ciclistas} \qquad Y = \frac{100}{1900} = 0.05$$

La longitud del ciclo se calcula con la fórmula del ítem "1.5.3.1 Diseño de diagrama de fase vehicular", capítulo 1, obteniendo los siguientes datos:

- Intersección de las avenidas Cáceres y Sullana tiempo de ciclo de 50 segundos

- Intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica tiempo de ciclo de 130 segundos
- Intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón tiempo de ciclo de 70 segundos
- Intersección de las avenidas Cáceres con Irazola tiempo de ciclo de 180 segundos

Conocida la longitud total del ciclo de cada intersección, se procede a dividir este tiempo a intervalos, usando la fórmula del apartado 1.5.3.1.

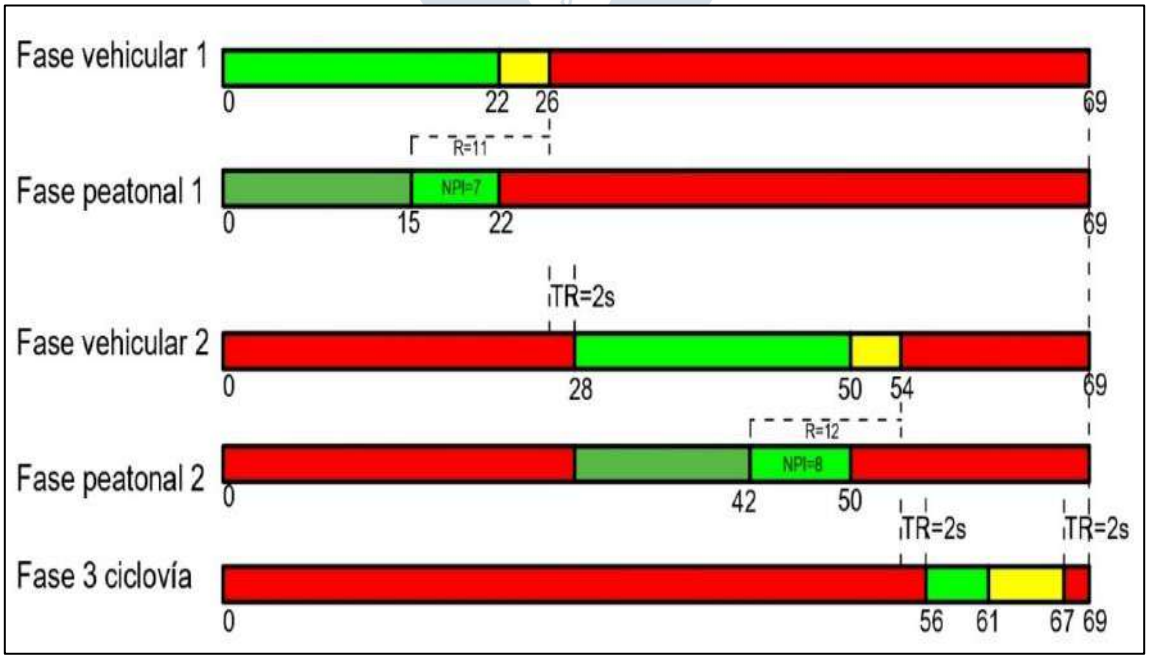
En la intersección de las avenidas Cáceres y Sullana se observa que el tiempo de la fase uno y tres es muy bajo; por lo que, una solución para evitar conflictos de movimiento es duplicar los datos de la fase dos para la fase uno (ver tabla 55).

Tabla 55. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana

Fase	I Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 este y oeste	16	10	4	2
Fase 2 norte y sur	28	22	4	2
Fase 3 separador central este y oeste (ciclovía)	5	0	6	2

Duplicando los valores de la fase dos y usando cinco segundos como tiempo mínimo para verde en la fase tres orientado a la ciclovía, se obtendrá 69 segundos como nuevo tiempo total del ciclo (ver figura 62)

Figura 62. Diagrama de fases vehicular y peatonal incorporando la ciclovía en la intersección 2 de las avenidas Cáceres y Sullana



En la intersección de la prolongación Cáceres con Ramón Mugica y San Ramón se observa que el tiempo de las tres primeras fases es razonable, pero la cuarta fase orientada a la ciclovía es baja y puede generar conflictos en el movimiento de los ciclistas (ver tabla 56 y 57).

Tabla 56. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 3 de las avenidas Cáceres y Ramón Múgica

Fase	I Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 este y oeste (giro protegido a la izquierda)	34	30	4	
Fase 2 este y oeste	40	34	4	2
Fase 3 norte y sur	47	41	4	2
Fase 4 separador central este y oeste (ciclovía)	10	3	5	2

Tabla 57. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 4 de las avenidas Cáceres y San Ramón

Fase	I Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 este y oeste	20	14	4	2
Fase 2 norte y sur (giro protegido a la izquierda)	17	13	4	
Fase 3 norte y sur	26	20	4	2
Fase 4 separador central este y oeste (ciclovía)	8	1	5	2

Usando el valor fijado de 5 segundos como tiempo mínimo de verde para la ciclovía, se obtendrá 133 segundos y 75 segundos como nuevo tiempo total de ciclo para la intersección 3 y 4 de la prolongación Cáceres con Ramón Mugica e Irazola respectivamente (ver figura 63 y 65).

Figura 63. Diagrama de fases vehicular y peatonal incorporando la ciclovía en la intersección de las avenidas Cáceres y Ramón Mugica

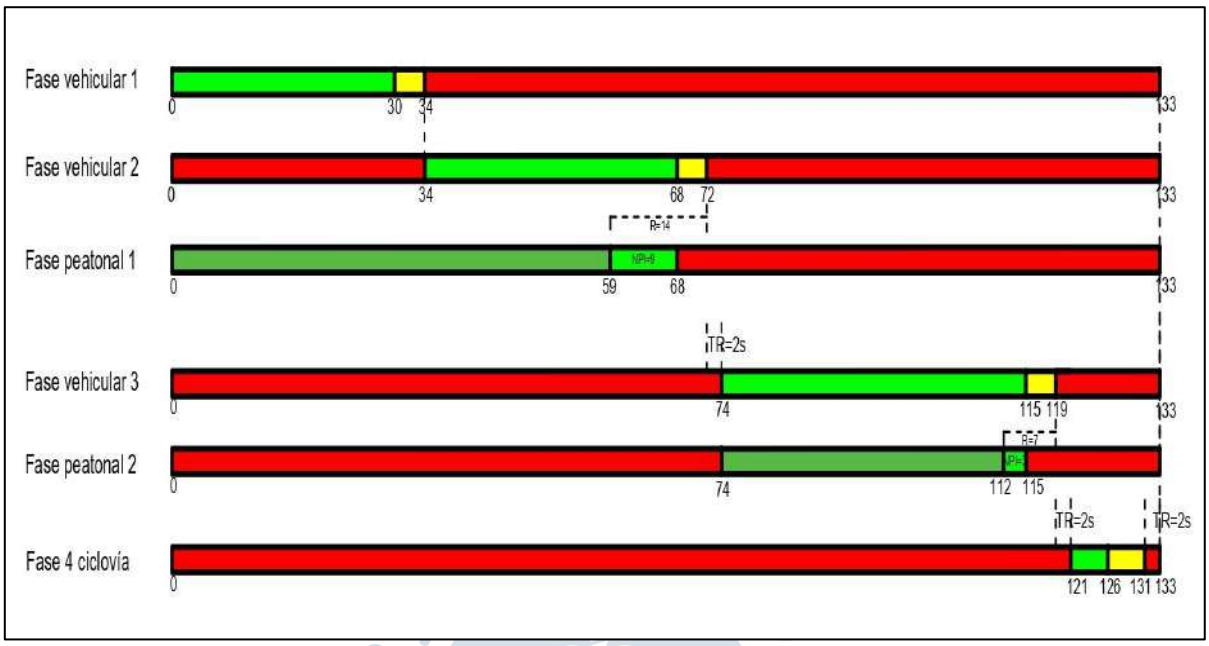
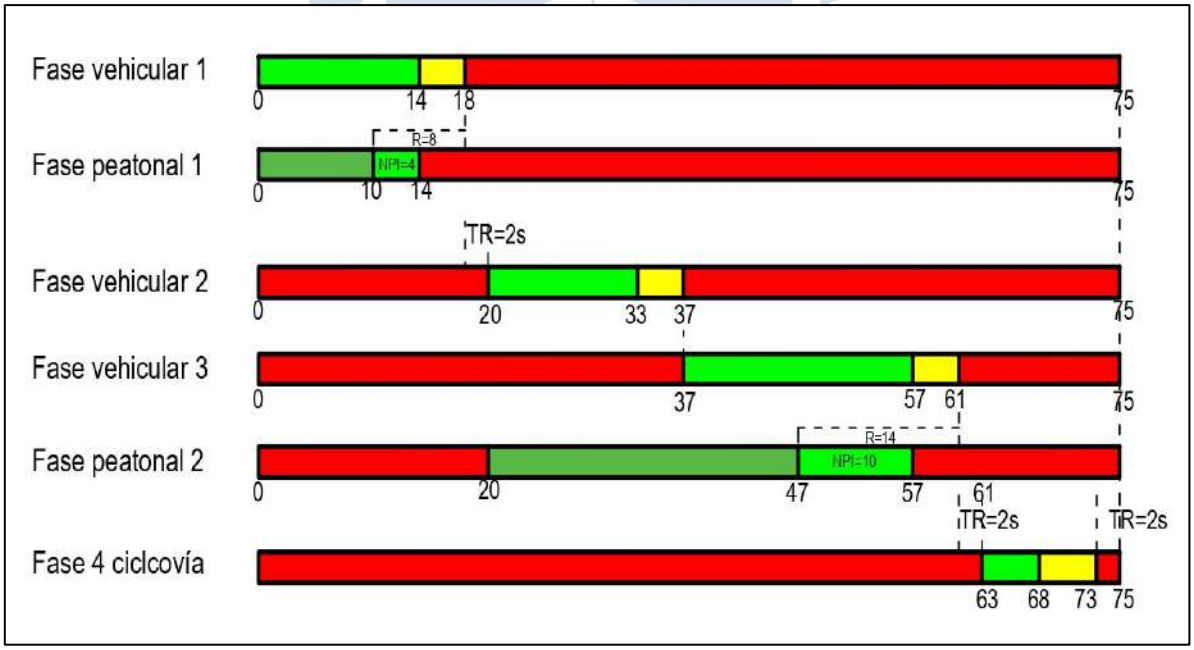


Figura 64. Diagrama de fases vehicular y peatonal incorporando la ciclovía en la intersección de las avenidas Cáceres y San Ramón



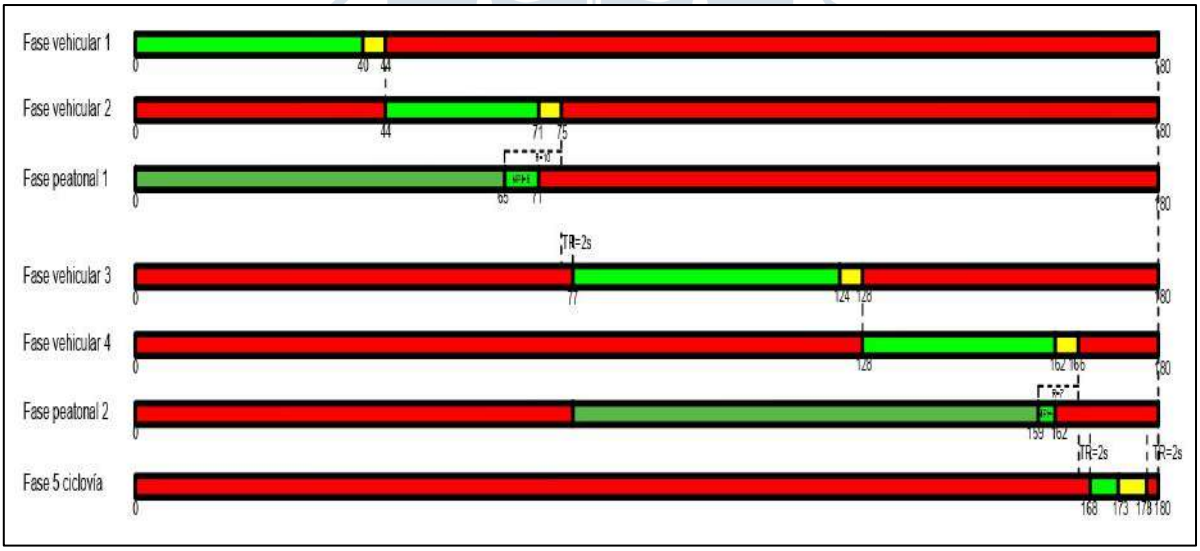
En la intersección de las avenidas Cáceres y Irazola las 4 primeras fases tienen un tiempo recomendable y la fase cinco cumple con el tiempo mínimo de verde de 5 segundos (ver tabla 58).

Tabla 58. Distribución de fases incorporando la ciclovía para la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola

Fase	I Intervalo	G Verde	A Ámbar	AR Todo rojo
Fase 1 norte y sur (giro protegido a la izquierda)	44	40	4	
Fase 2 norte y sur	33	27	4	2
Fase 3 este y oeste (giro protegido a la izquierda)	51	47	4	
Fase 4 este y oeste	40	34	4	2
Fase 5 separador central este y oeste (ciclovía)	12	5	5	2

En la figura 65 se grafica la interacción del diagrama de fases vehicular y peatonal incorporando la fase para la ciclovía.

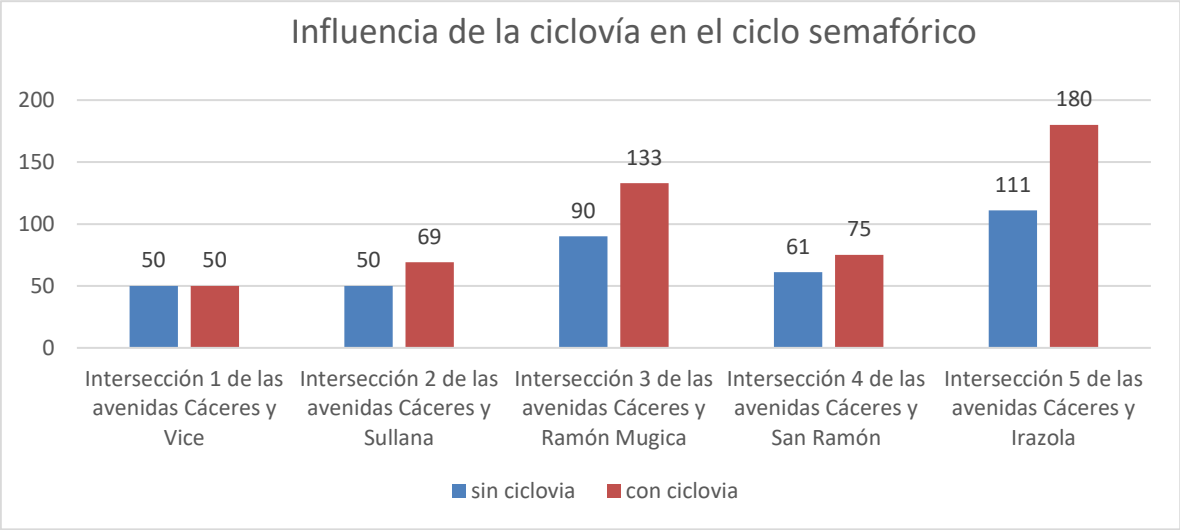
Figura 65. Diagrama de fases vehicular incorporando la ciclovía en la intersección 5 de las avenidas Cáceres con Irazola



3.4.4 *Comparativo de diagrama de fases con y sin presencia de ciclovía*

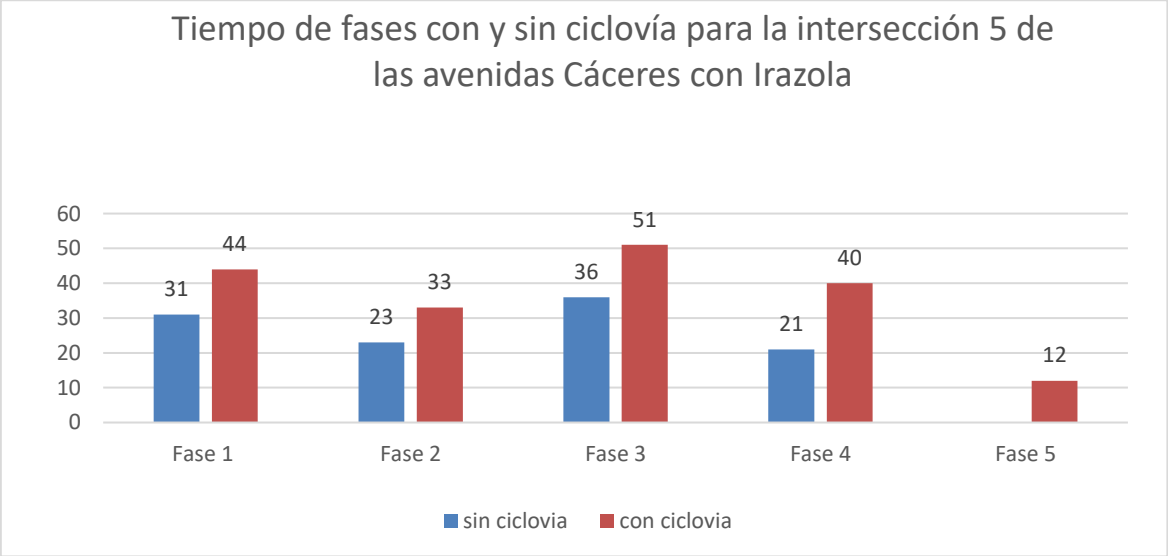
La incorporación de la ciclovía como una fase exclusiva muestra que, en las intersecciones, a mayor tiempo de ciclo en un escenario normal mayor será su ciclo en el escenario con ciclovía. En la figura 66 se observa que la intersección cinco tiene el mayor tiempo de ciclo en un escenario normal, y en un escenario con ciclovía aumentaría en 69 segundos.

Figura 66. Influencia de la ciclovía en el ciclo semafórico



La figura 67 muestra los tiempos de las fases vehiculares en ambos escenarios, normal y con ciclovía, de la intersección de las avenidas Cáceres y Irazola, esta intersección tuvo mayor aumento de ciclo con la incorporación de la ciclovía. En la figura 69 se observa que cada fase en promedio aumenta 14 segundos, debido al contraste de volumen vehicular entre la fase orientada a la ciclovía y las demás fases. Se puede observar que al incorporar la fase 5 al ciclo, y no tener suficiente volumen, este tiempo se redistribuirá en las demás fases.

Figura 67. Influencia de la ciclovía en el tiempo de fases para la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola



3.5 Señalización

Las señalizaciones verticales referentes para usar en una ciclovía se resumen en las tablas 5, 6, 7, 8 y 9 del marco teórico (capítulo 1), de las cuales, en la tabla 59 se muestran las que se proponen usar en la ciclovía en análisis.

Tabla 59. Señalizaciones verticales requeridas

Código	Significado	
R-1	Pare	
R-2	Ceda el paso	
R-42	Ciclovía	
P-46	Ciclistas en la vía	
P-46B	Ubicación de cruce ciclista	
Señal informativa	Estacionamiento para bicicletas	
Señal informativa	Destino	

Las señalizaciones horizontales referentes para usar en una ciclovía se resumen en las tablas 10, 11, 12 y 13 del marco teórico (capítulo 1), de las cuales, en la tabla 60 se muestran las que se proponen usar en la ciclovía en análisis.

Tabla 60. Señales horizontales requeridas

Nombre	Imagen
Pictograma y flechas	
Demarcación roja “PARE”	

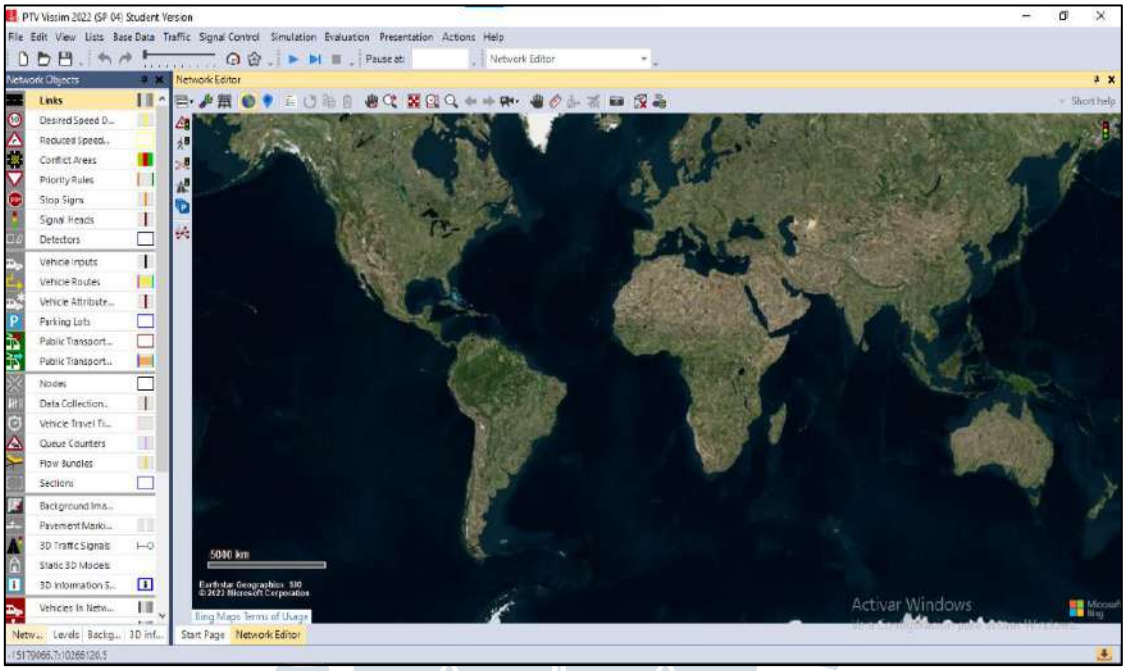
3.6 Simulación de ciclovía en PTV Vissim

La simulación de la ciclovía sirve para proyectar su comportamiento en condiciones normales y de máxima congestión vehicular, para ello se ha utilizado como instrumento de simulación el PTV Vissim, un software muy útil para la planificación del tráfico y el transporte permite una visión realista y detallada sobre el estado del flujo vial y sus impactos; además, es muy versátil porque define diferentes escenarios hipotéticos. Se pueden simular interacciones complejas de vehículos, modelar la demanda, simular nuevas formas de movilidad como las ciclovías (PTV Group, 2022).

3.6.1 *Representación simulada de la vía sin ciclovía*

En esta investigación se ha utilizado PTV Vissim 2022, versión libre para estudiantes. A continuación, se detallan los pasos seguidos para simular la ciclovía. Se inicia la secuencia con la interfaz de modelación del programa PTV Vissim mostrada en la figura 68.

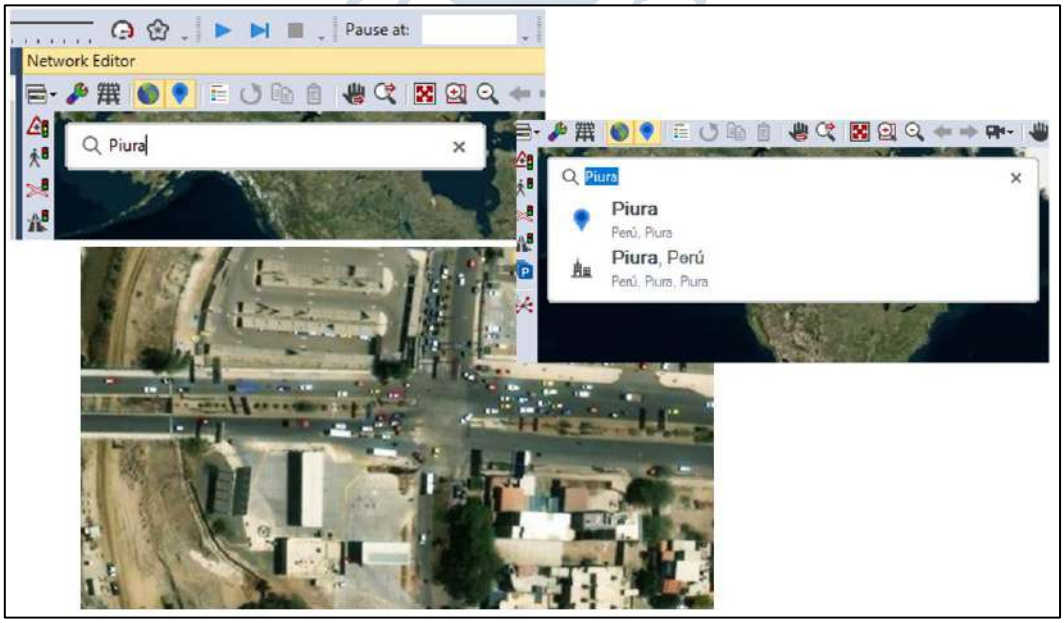
Figura 68. Interfaz del programa PTV Vissim



Nota. **La imagen mostrada es de presentación del PTV Vissim**

Primero se busca la localización, para ello se ingresa manualmente la zona donde se realizará el modelamiento tal como se muestra en la figura 69.

Figura 69. Búsqueda de localización



a) Creación de carreteras

Para crear una carretera se selecciona *Edit* y luego se selecciona el enlace *Link* donde aparece un menú de edición (ver Figuras 70 y 71).

Figura 70. Creación ''links' para carreteras

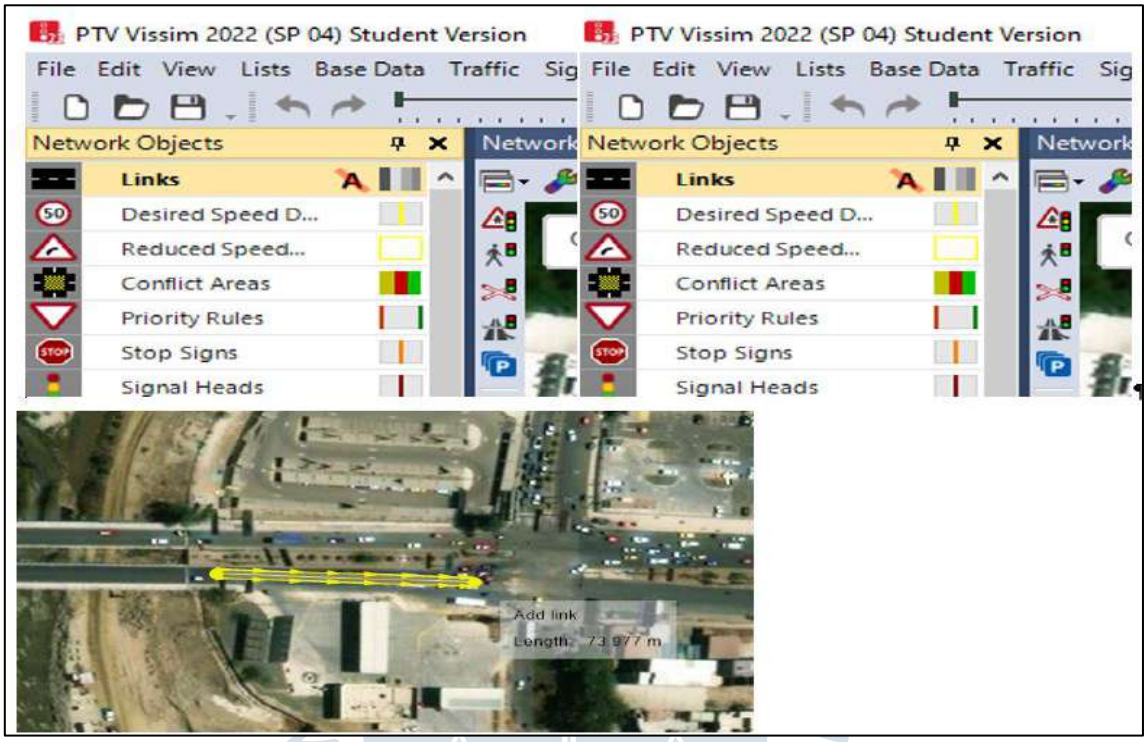
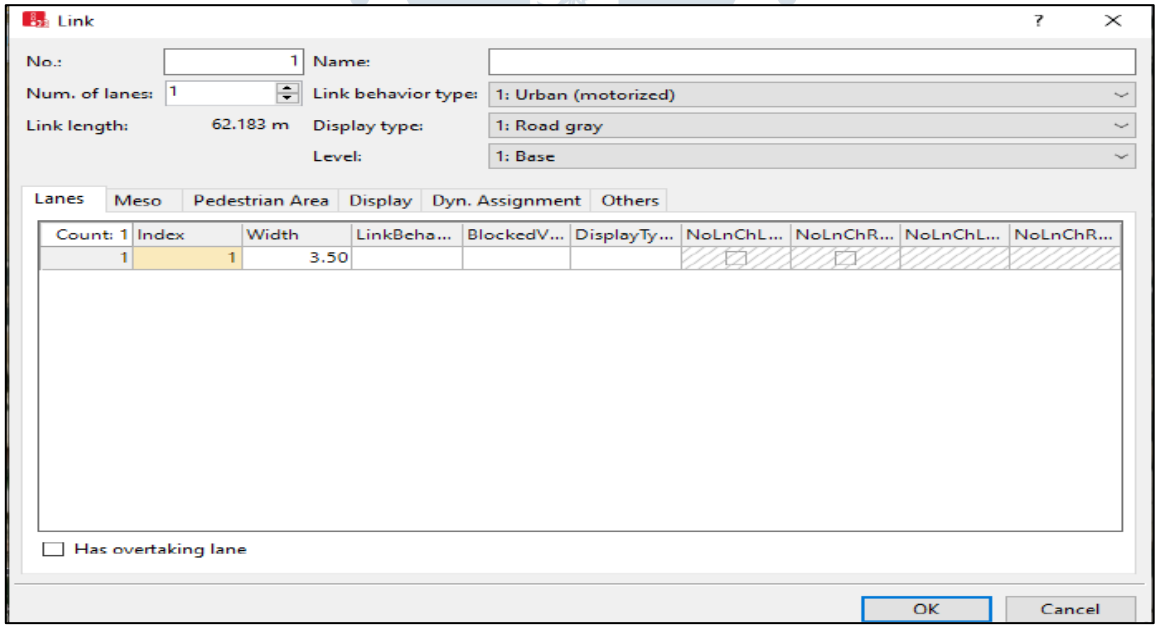


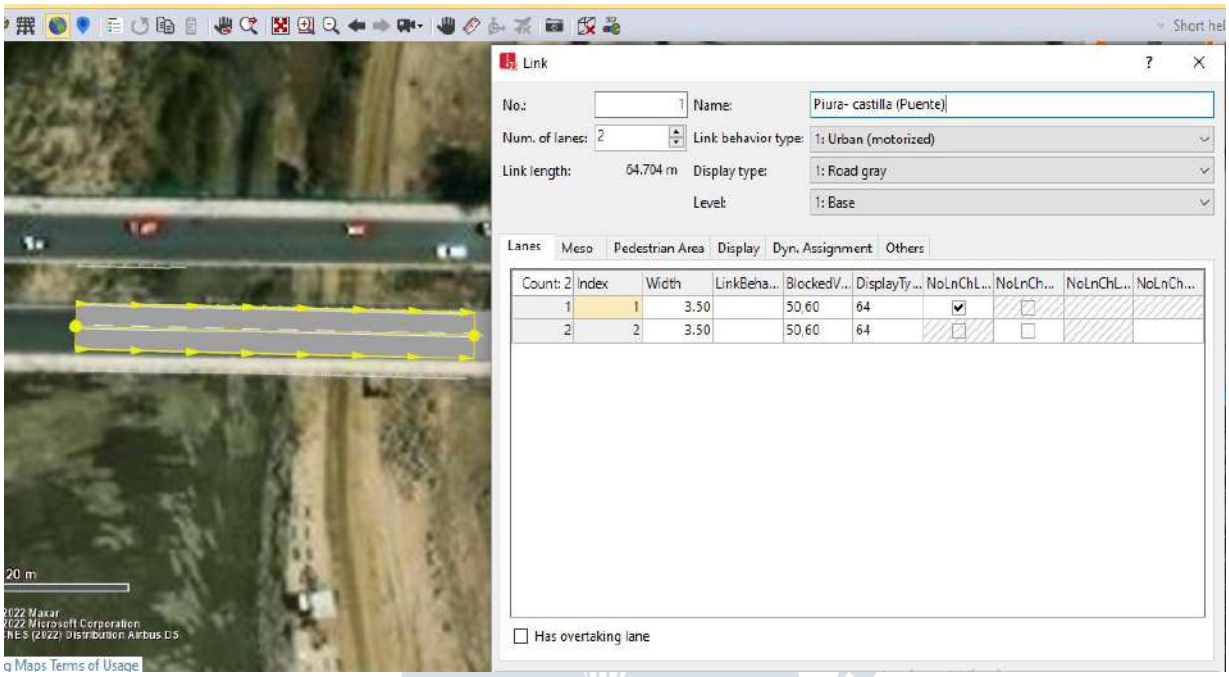
Figura 71. Menú de cambios de Link



En el link se ingresa el nombre o código de la carretera y se añaden detalles de color y textura, también se ingresa el ancho, largo, número de carriles y altura o desnivel

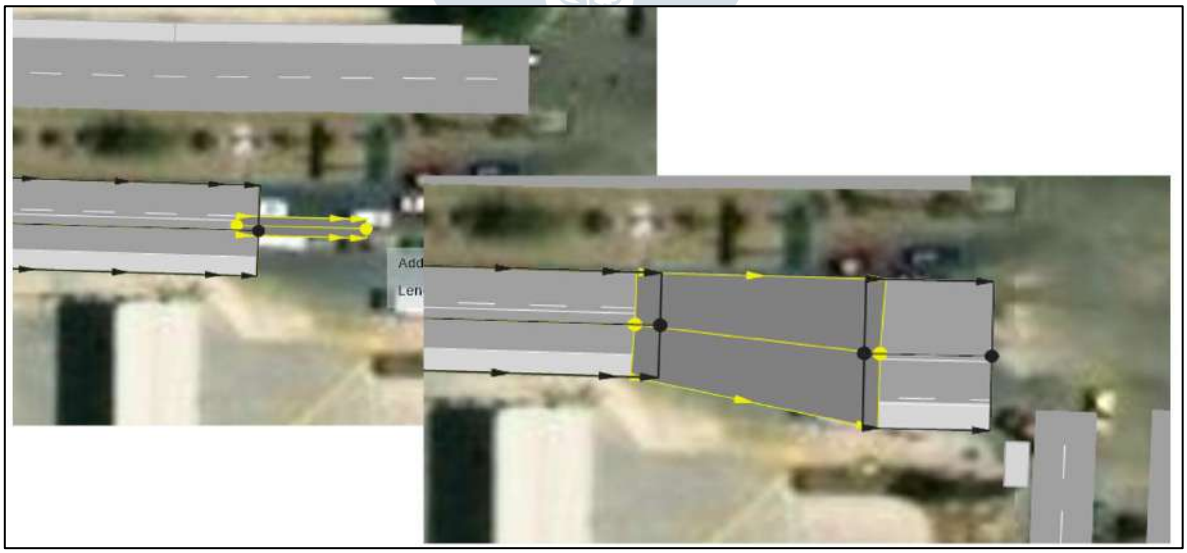
de la vía. En esta ventana se ha simulado una porción de la vía de dos carriles, 64.7 metros de longitud y un ancho de 3.5 metros, también se ingresan las medidas de los carriles y de la zona peatonal, con estos datos el software muestra la imagen de la figura 72.

Figura 72. Creación del enlace



Para crear curvas, con el clic derecho, se arrastra el cursor con la tecla **Crtl** y se gira hacia la dirección escogida formando una curva; en la figura 73 se muestran dos tramos de carreta por empalmar.

Figura 73. Empalme de secciones



Al soltar el mouse aparece una ventana *Connector* (ver Figura 74), con el comando *Spline* se delimita la curva, aquí se puede cambiar las características de la curva: cóncava

o convexa, y marcar *OK,* esto hace que aparezcan las vistas en 3D tal como se aprecia en la figura 75.

Figura 74. Crear cambios de dirección de los giros

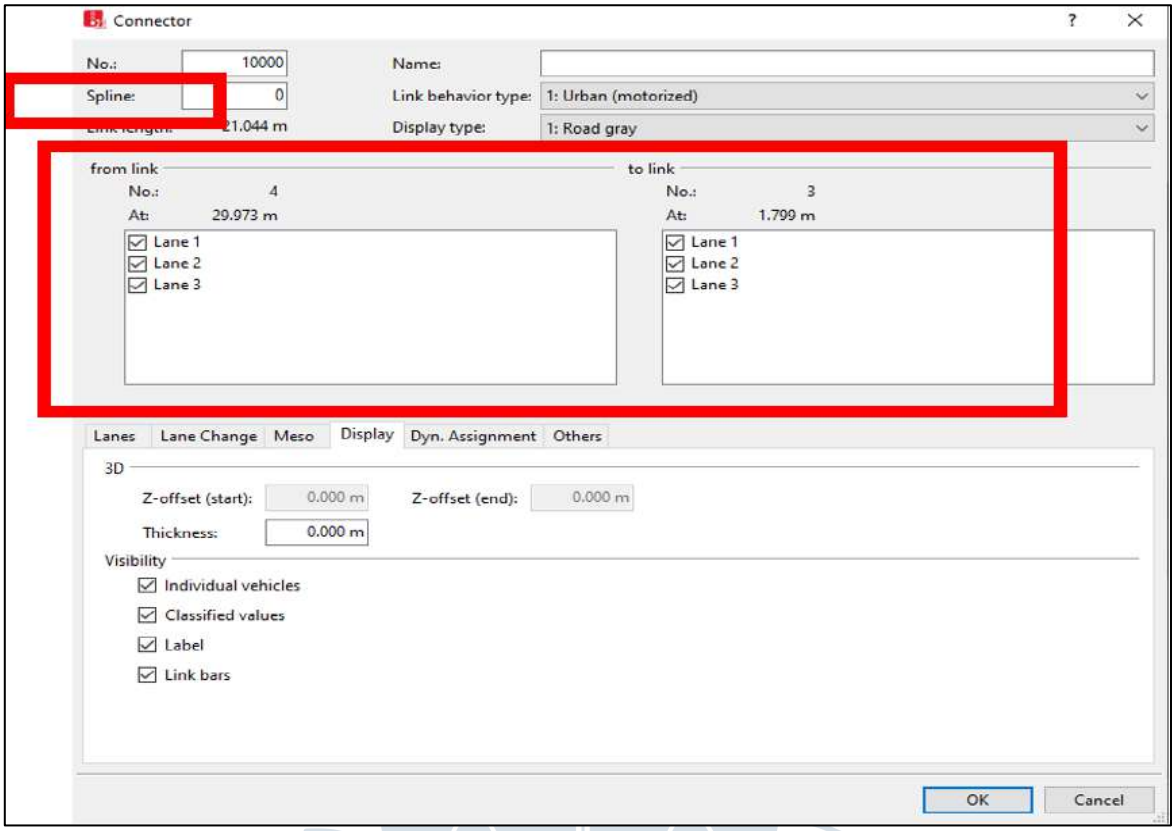
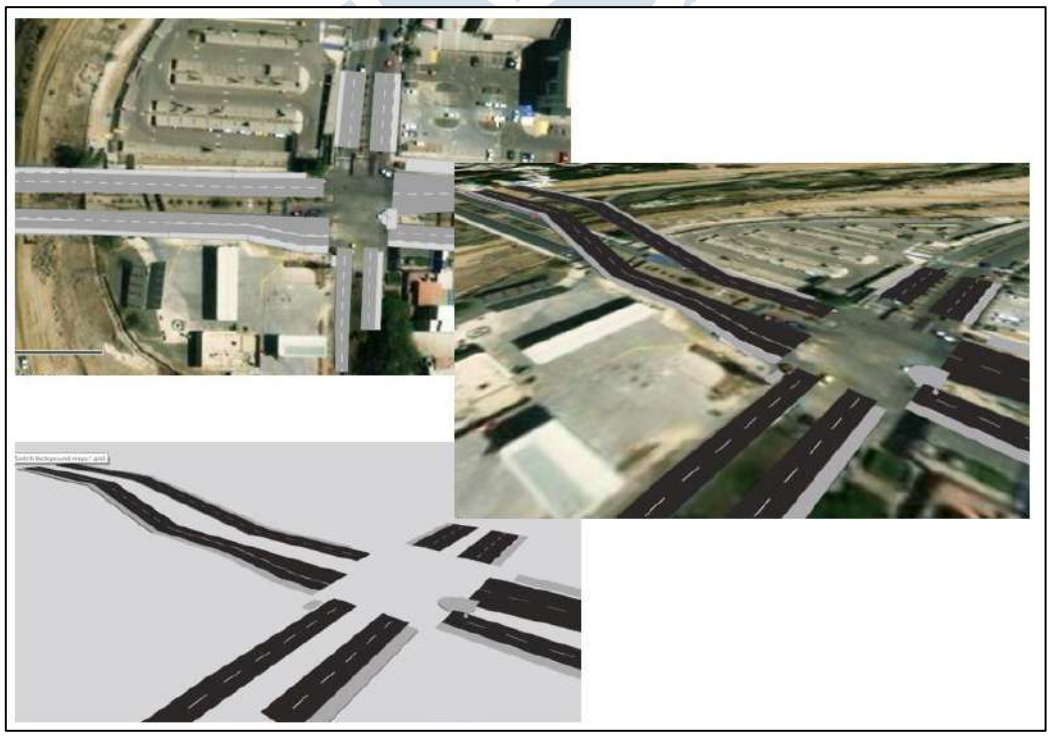


Figura 75. Vista de tramos en 3D



b) Asignación de vehículos

Para crear las entradas vehiculares, se escoge en el menú *Traffic* y luego *Vehicle Compositions* donde se asigna la carga vehicular, el tipo de vehículo y la velocidad e incidencia vehicular en porcentaje (ver Figura 76 y 77).

Figura 76. Composición del vehículo

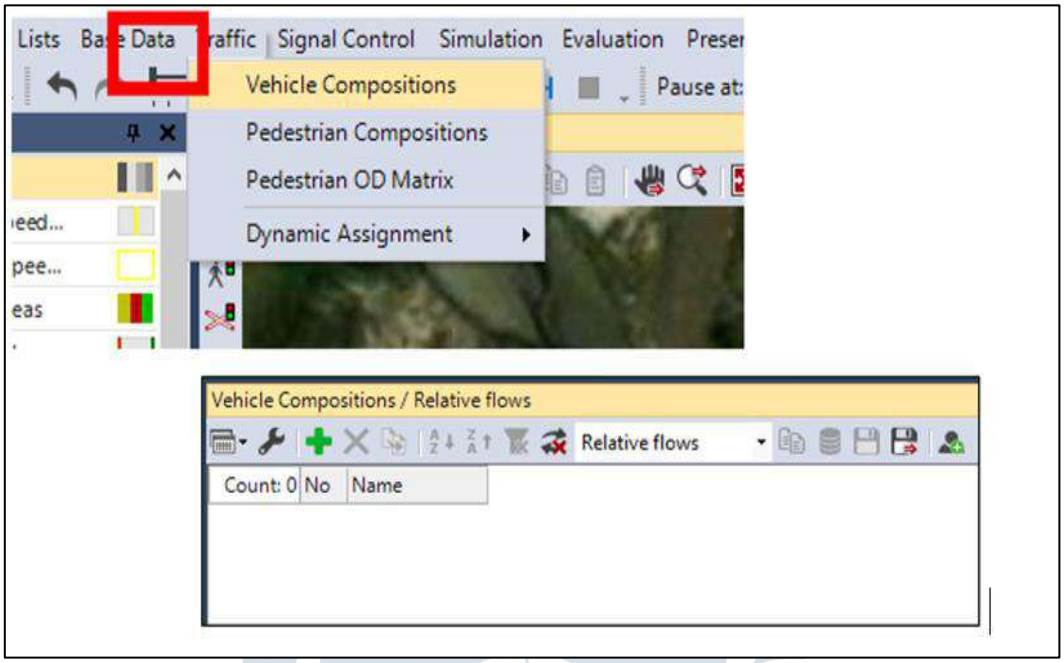
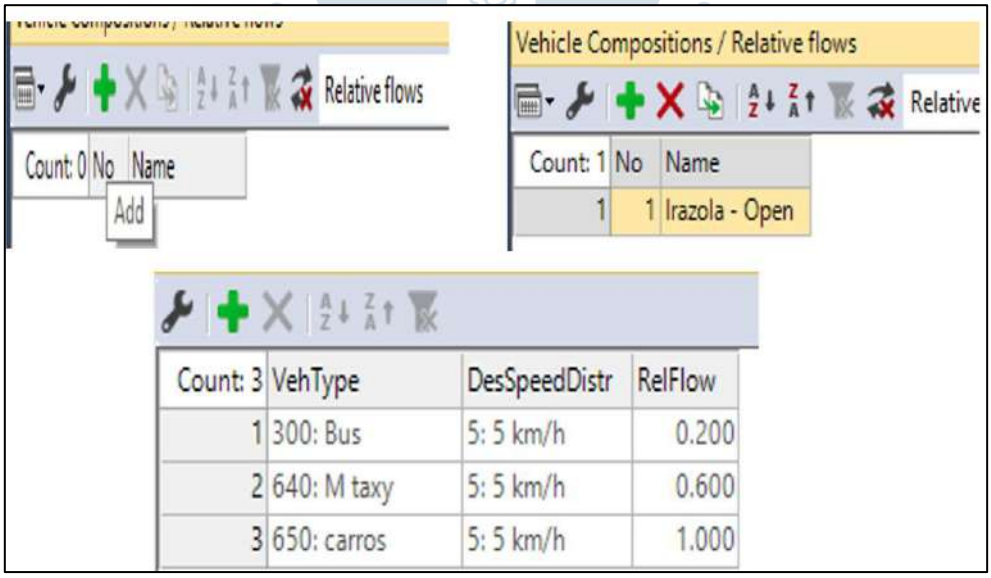


Figura 77. Configuración de la velocidad e incidencia



A continuación, se presenta la composición vehicular de las zonas escogidas, la asignación de las rutas y los porcentajes de vehículos para cada ruta, como se muestra en las figuras 78 y 79.

Figura 78. Composiciones vehiculares

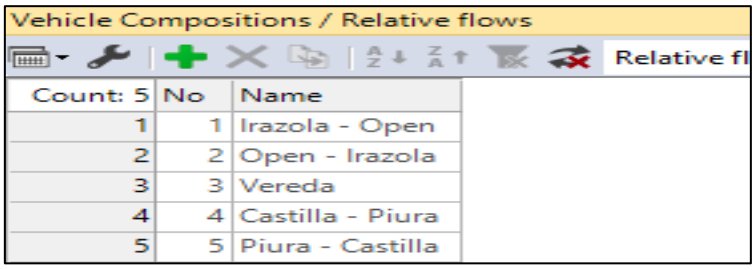


Figura 79. Asignación de rutas

c) Creación de señales de control

Para crear las señales de control, en el menú se escoge *Signal Control* y luego *Signal Controllers; aparece* una tabla en blanco donde se crean los grupos de control para la creación de los semáforos (ver Figuras 80 y 81).

Figura 80. Creación de señales de control

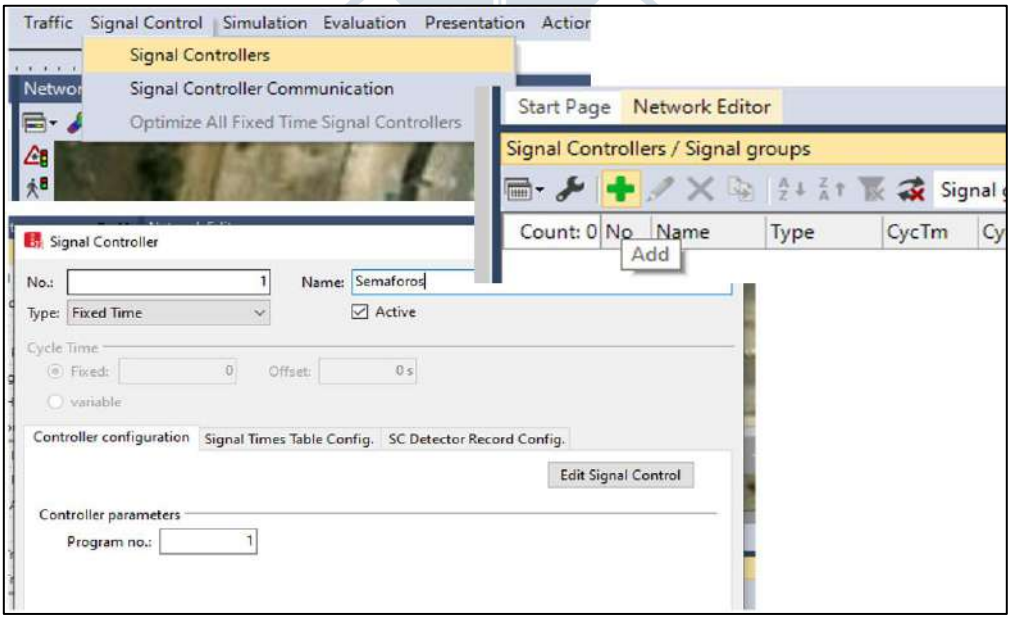
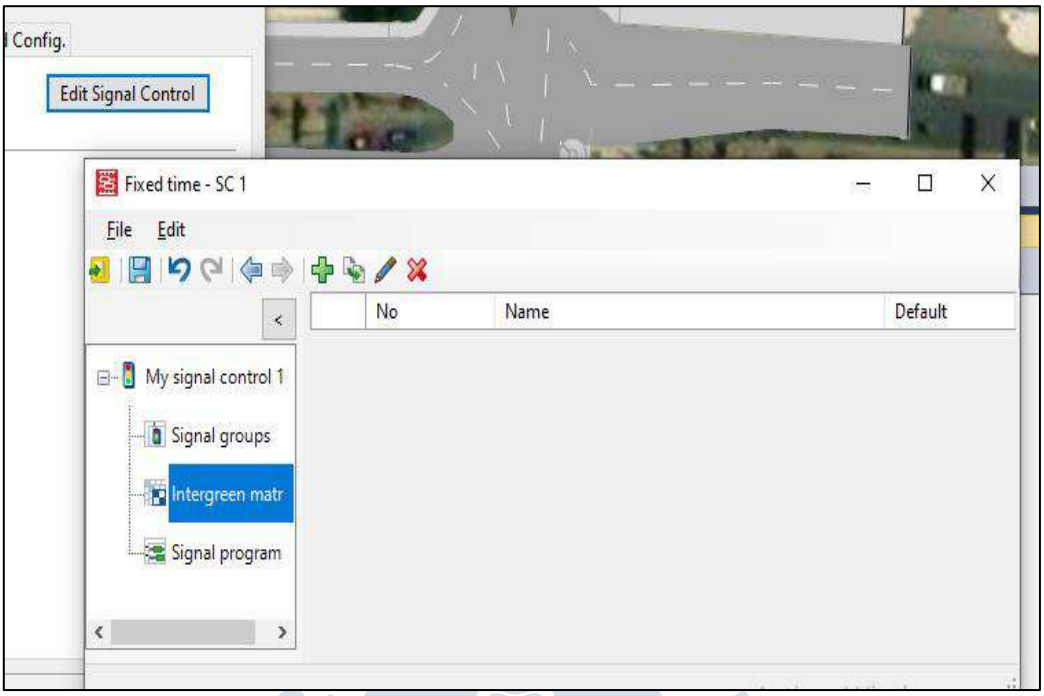


Figura 81. Creación de semáforos



Para generar la secuencia de luces se utiliza *Signal Groups* (verde, ámbar y rojo), y se asigna el tiempo del ciclo para cada color (ver figuras 82, 83).

Figura 82. Secuencia de luces

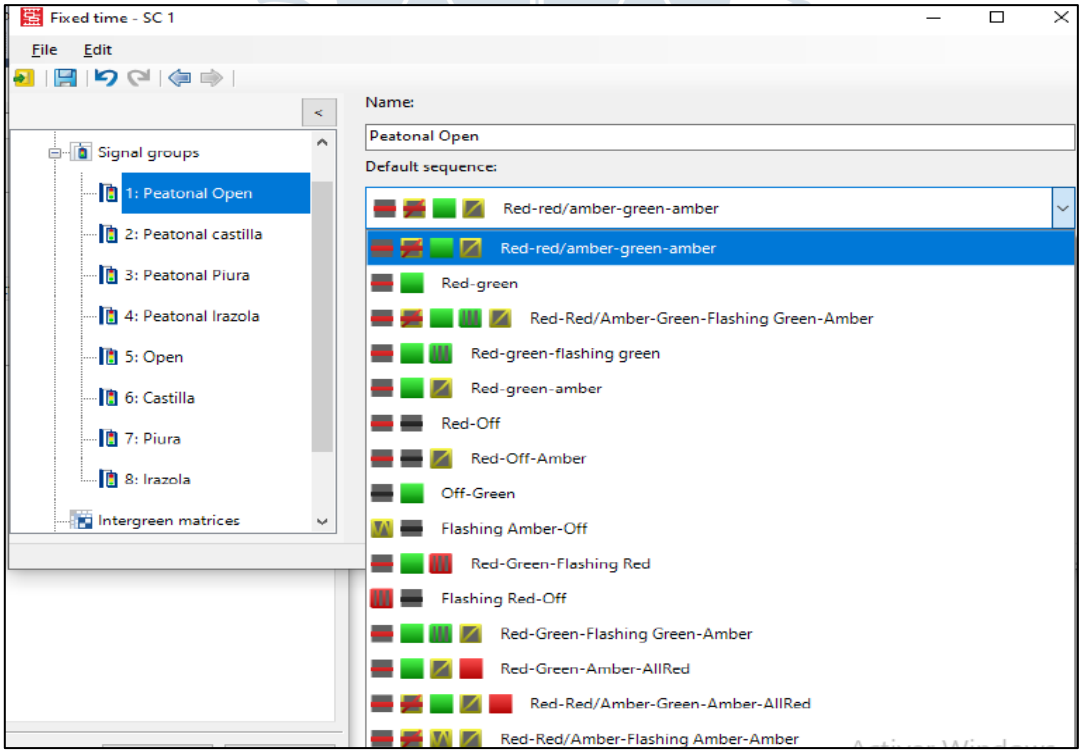
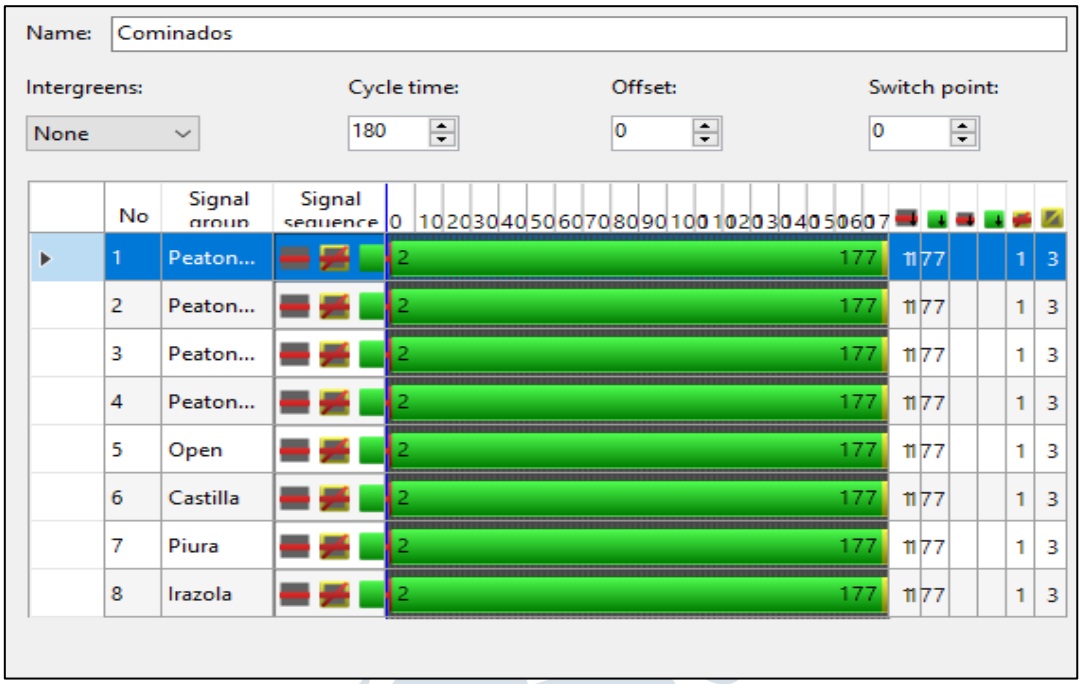


Figura 83. Tiempos del color verde de cada semáforo



Una vez creados y asignados los semáforos, se presenta una vista preliminar de los semáforos (ver Figura 84), aún no se incorpora la ciclovía.

Figura 84. Simulación del tráfico con semaforización sin ciclovía

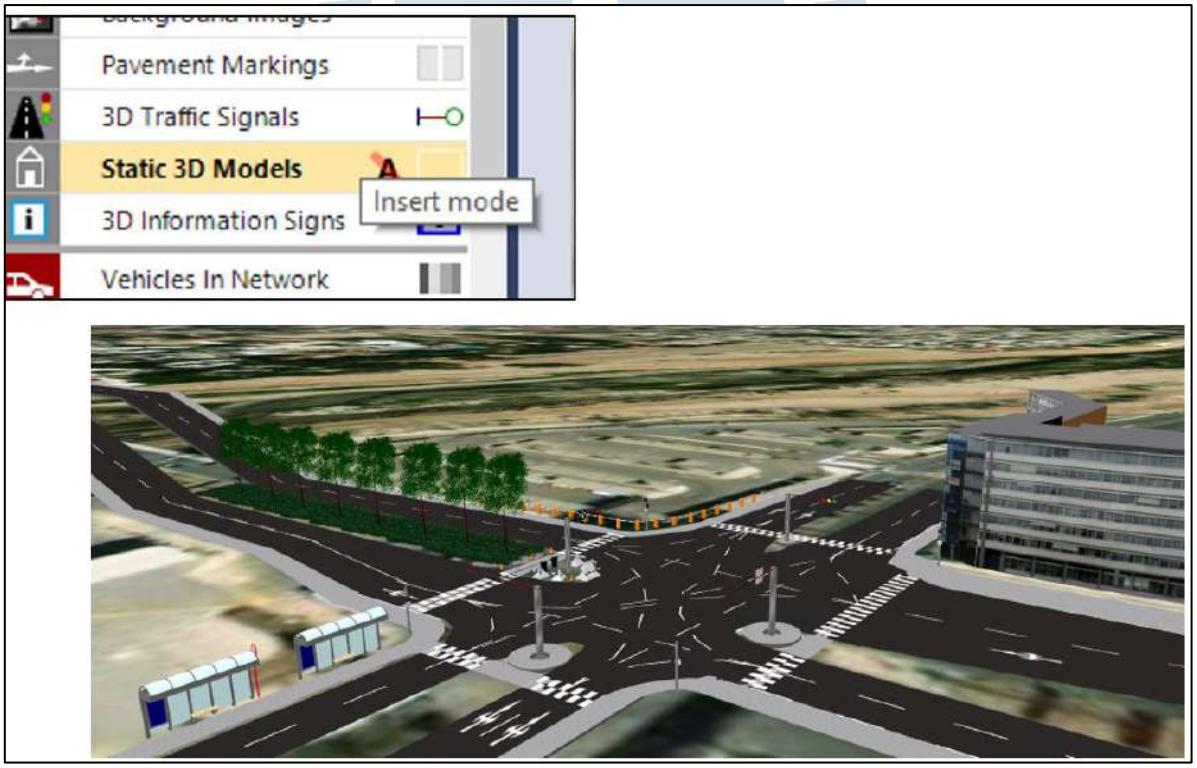
d) Cruces peatonales

Para establecer el paso de cebra se busca en el menú el comando Link, se escoge *Pavement Marking*, y se selecciona *Zebra Crossing*, indicando la posición y tamaño adecuado (ver Figura 85).

Figura 85. Señalización de paso de cebra

Finalmente, con el *Static 3D Models* se generan las áreas verdes, infraestructura y personas (ver Figura 86).

Figura 86. Uso de Static 3D Models



3.6.2 *Representación simulada de la vía con ciclovía*

Para modelar la ciclovía, nuevamente se elige el comando link y con Vehicle Composition se incorporan las bicicletas y se asigna la velocidad (ver figura 87, 88 y 89).

Figura 87. Incorporación de bicicletas al sistema

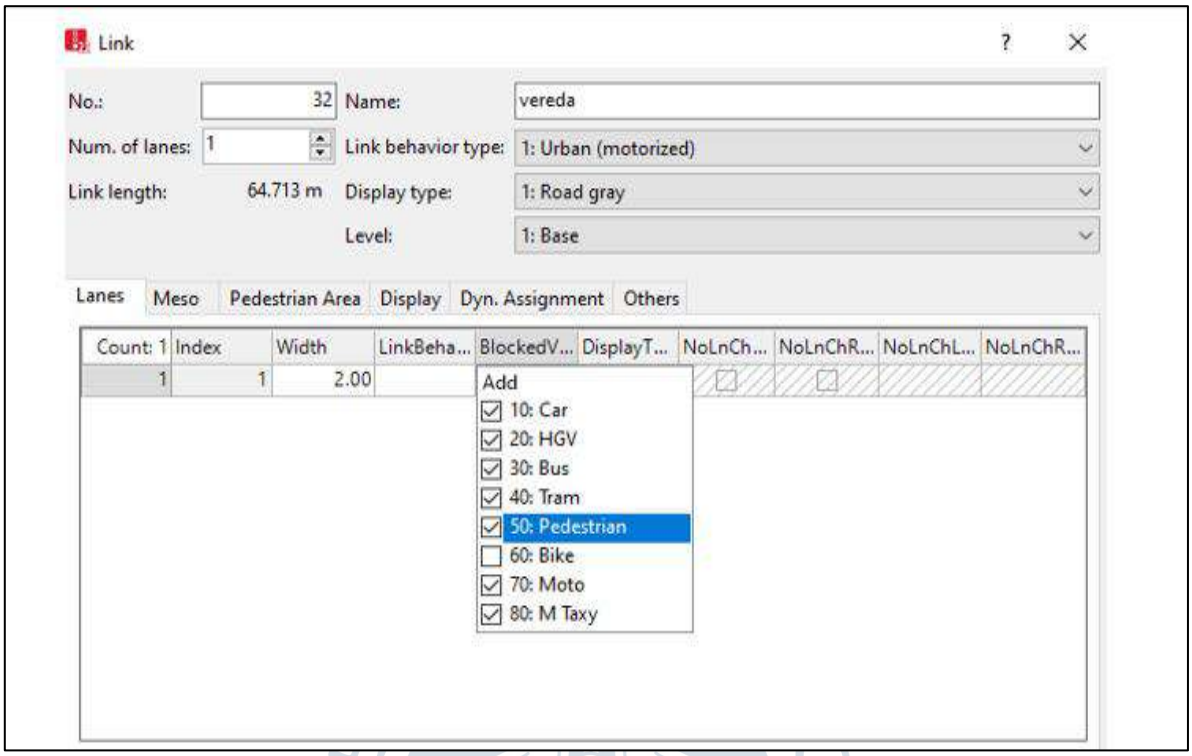


Figura 88. Uso de *vehicle compositions* para bicicletas

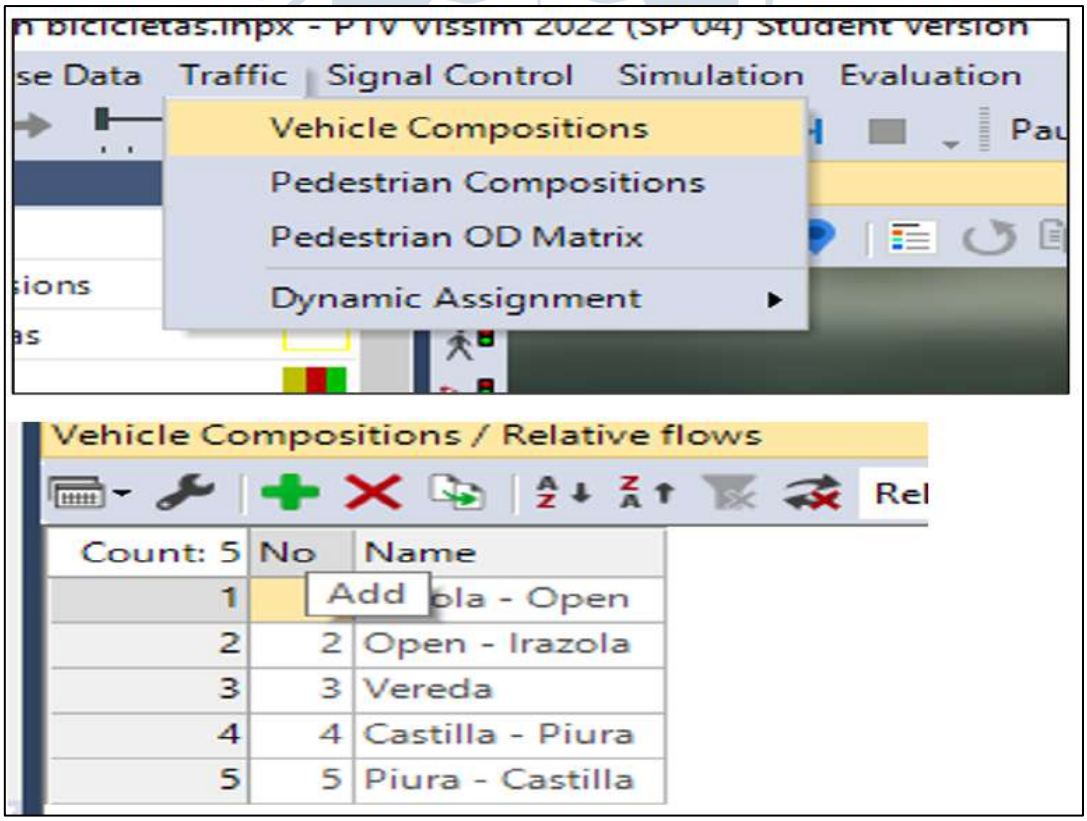
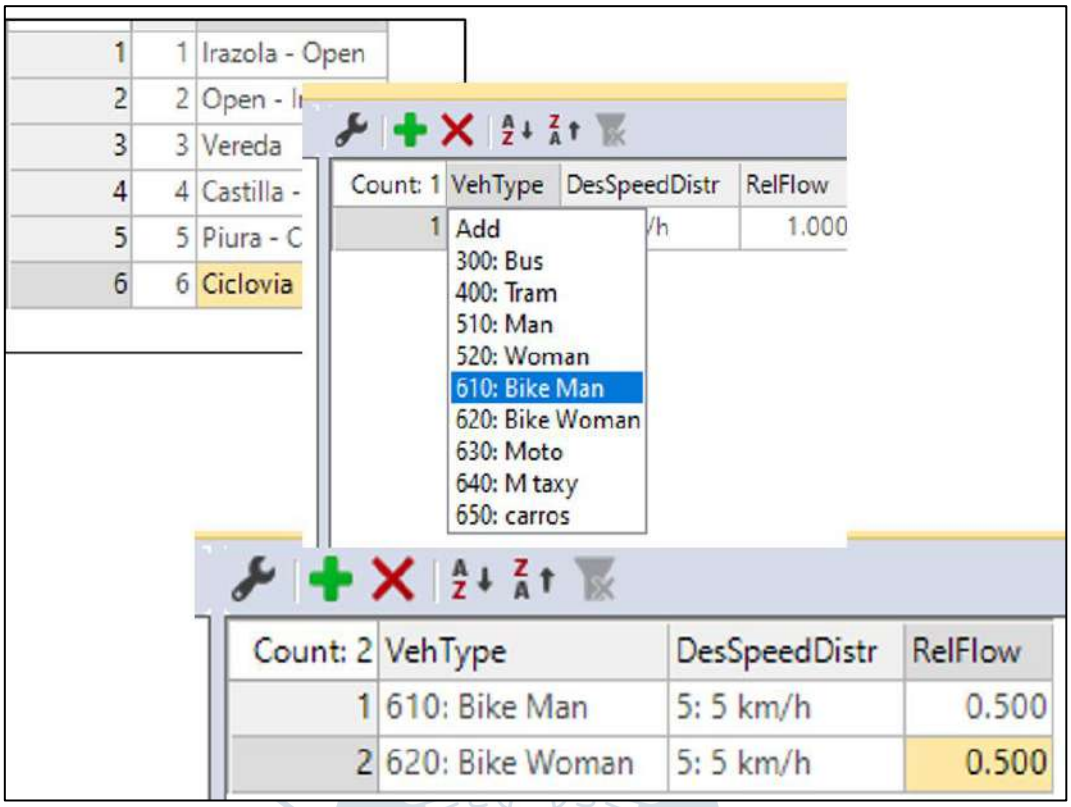
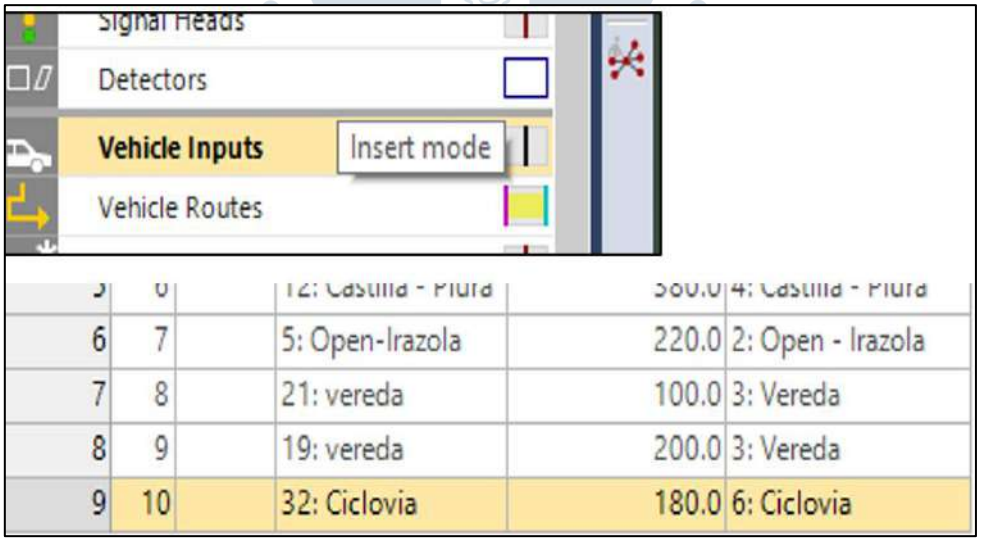


Figura 89. Asignación de velocidad



Para determinar el volumen de tránsito del sistema se debe ubicar en el menú el comando *Link* y *Vehicle Imputs*, aquí se suma el tránsito de las bicicletas a la vía establecida inicialmente (ver Figura 92).

Figura 90. Uso de *vehicule imputs*



Finalmente, se añaden los semáforos, se corre programa con la instrucción Play y se genera la vía modelada en la esquina seleccionada, intersección de las avenidas Cáceres e Irazola, tal como se muestra en la figura 91.

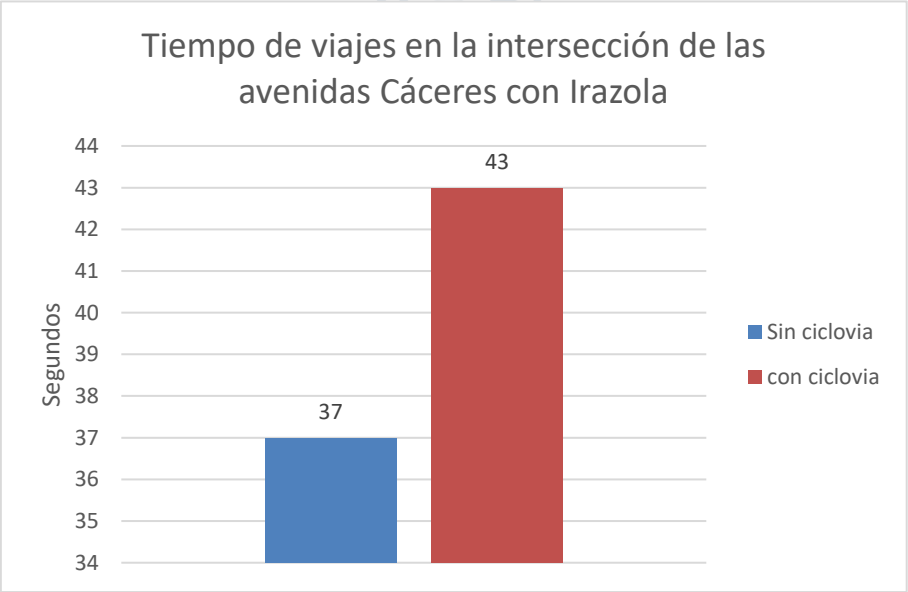
Figura 91. Modelación final de la ciclovía: intersección de las avenidas Cáceres e Irazola

3.6.3 *Influencia de la presencia de la ciclovía en la simulación con PTV Vissim*

Como se observa en los apartados 3.61 y 3.62, para el mismo volumen y dimensiones de las vías, se ha simulado el tráfico de la intersección en estudio para dos escenarios: sin ciclovía o escenario normal y con ciclovía, utilizando el PTV Vissim, un programa que brinda los siguientes indicadores de eficiencia: tiempo de viajes, tiempo de demora, velocidad promedio y emisiones de CO2.

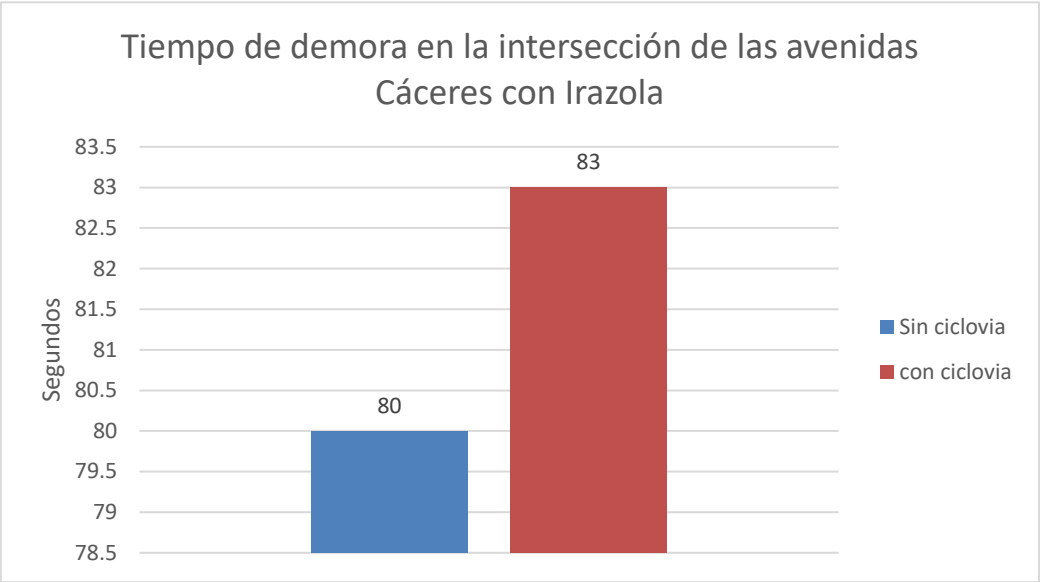
El tiempo utilizado para cruzar la intersección de las avenidas Cáceres e Irazola en ambos escenarios es de 37 y 43 segundos, verificándose que en el escenario con ciclovía existe un incremento de 6 segundos, este es un tiempo poco significativo.

Figura 92. Tiempo de viajes en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola



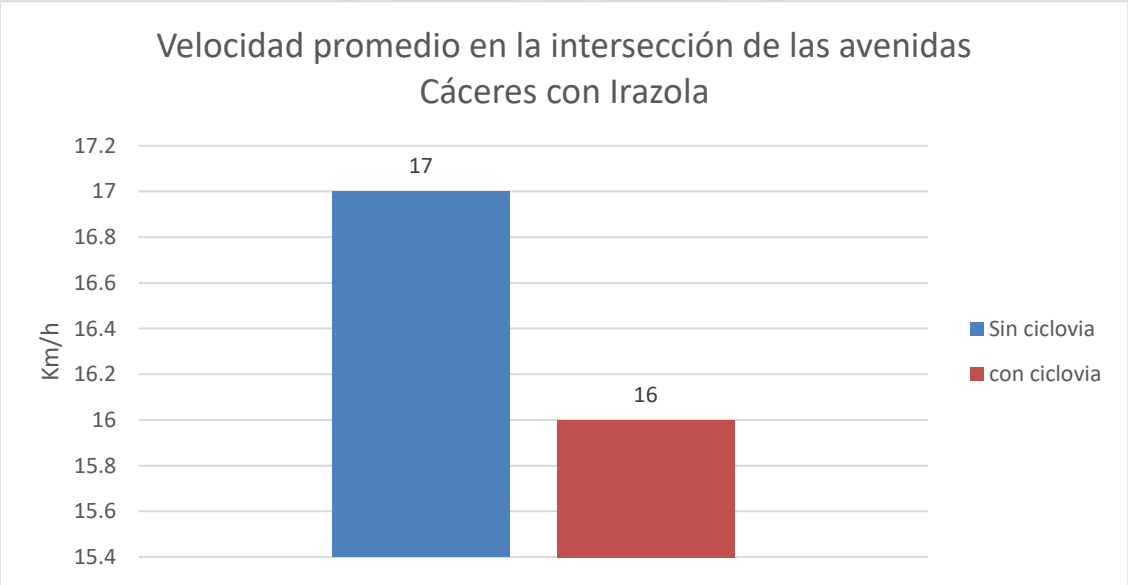
El tiempo de demora se relaciona con el nivel de servicio en los nodos, en la figura 93 se observa que el tiempo de demora en la intersección en estudio aumenta en 3 segundos con la presencia de la ciclovía, lo cual no es significativo.

Figura 93. Tiempo de demora en la intersección de las avenidas Cáceres e Irazola



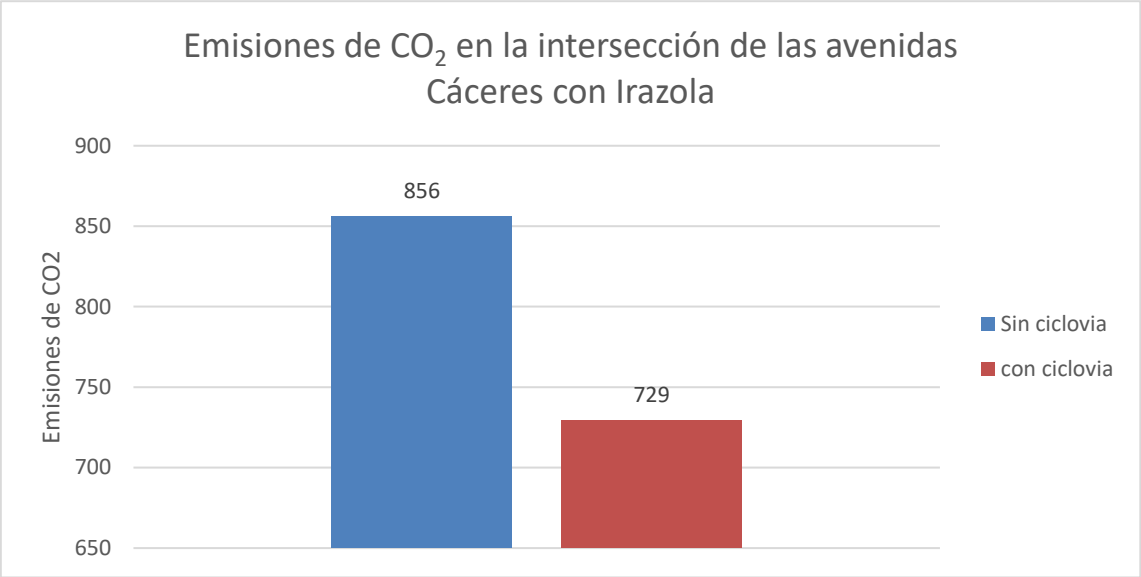
En la figura 94 se muestra como la velocidad promedio en la intersección en estudio, disminuye 1 km/h con la presencia de la ciclovía, lo cual no es significativo.

Figura 94. Velocidad promedio en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola



En la figura 95 se muestra como las emisiones de CO_2 disminuye en 127 unidades con la presencia de la ciclovía, dado que pasa una menor cantidad de vehículos por el nodo, debido a que hay una fase adicional para la ciclovía.

Figura 95. Emisiones de CO2 en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola



En general, el PTV Vissim permite demostrar que la presencia de la ciclovía no genera conflicto en la intersección de las avenidas Cáceres con Irazola, siendo esta la intersección con mayor volumen vehicular, lo que hace factible la construcción de una ciclovía.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Conclusiones

En la presente investigación "Diseño geométrico de la ciclovía en la Av. Cáceres en el tramo entre la Av. Vice en Piura y Av. Irazola en Castilla", por su alto congestionamiento y por ser una vía arterial, se concluye que la infraestructura propuesta no solo fomentaría el uso de la bicicleta, sino también reduciría los tiempos de viaje en horas pico, porque al diseñar la ciclovía utilizando el separador central y no tener obstáculos de intersecciones con las vías colectora, ni pendiente pronunciada, se puede aumentar la velocidad.

Si el objetivo es crear una red de ciclovías, será necesario cambiar los métodos de construcción de la red eléctrica aérea por una subterránea, ya que los postes eléctricos ocupan espacio que puede ser usado por una ciclovía u otro método de trasporte alternativo.

En el conteo vehicular, aplicado a este proyecto de tesis, se encontró que la esquina de mayor congestionamiento, por su alto flujo vehicular, es la comprendida entre las avenidas Cáceres e Irazola, este dato fue útil para definir la intersección a modelar.

Para la modelación de la ciclovía se utilizó el software PTV Vissim en versión para estudiante, esta versión permitió modelar la intersección seleccionada para dos escenarios de flujo vehicular: en condiciones normales y con ciclovía. La presencia de la ciclovía en la intersección de las avenidas Cáceres e Irazola, no genera conflicto, esto se demuestra al no variar de forma significativa los datos de eficiencia obtenidos del PTV Vissim situados en ambos escenarios; siendo esta intersección representativa para la semaforización de las demás intersecciones que forman parte de la longitud de la ciclovía por su alto flujo vehicular; el óptimo funcionamiento de la ciclovía se reitera en la simulación 3D que ofrece PTV Vissim.

Los intervalos del diagrama de fase vehicular con ciclovía aumentaron en promedio diez segundos, respecto al diagrama de fase vehicular en su estado normal, pero pese a ello no hubo ningún conflicto entre vehículos, al momento de correr la simulación en PTV Vissim.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Recomendaciones

El proyecto de construcción de la ciclovía deja la puerta abierta para nuevas investigaciones, por lo que se recomienda un estudio estructural de la ciclovía en voladizo ubicado en el puente Cáceres. Se sugiere además contar con los planos estructurales del puente para hacer un análisis de carga y definir los materiales para su construcción.

Se recomienda la implementación de la infraestructura propuesta en este trabajo de investigación porque le daría continuidad a la ciclovía en la avenida José Aguilar Santisteban que a su vez se conecta con la ciclovía ubicada en la avenida Chulucanas, todo este circuito permitiría conectar tres los distritos colindantes: Veintiséis de Octubre, Piura y Castilla; sin embargo, esta alternativa no cubriría la totalidad de la ciudad, por lo que sería importante promover nuevos proyectos que permitan una amplia interconexión de los distritos.

Según el plan desarrollo urbano no se contempla la posibilidad de implementar una ciclovía como un medio de transporte, esto se ve evidenciado en las cortas dimensiones de algunas calles y la inexistencia de un espacio dirigido a ciclistas en puentes, por lo que se propone una mayor promoción y gestión para la implementación de este tipo de infraestructuras, ya que se crearía una red ciclista que abarque toda la ciudad de Piura; por ello, nuestras autoridades deberían emprendan campañas de sensibilización a los conductores de vehículos menores para el uso de bicicletas, pues una masificación de estas generará la necesidad de construir ciclovías, esto debe ir acompañado de medidas de seguridad vial y contra el robo de dichas unidades.

Para el diseño de la ciclovía es importante también ubicar las restricciones de continuidad como son los postes eléctricos, los árboles o los paraderos de buses, estos se pueden incluir en los planes de acción de la Municipalidad de Piura, de forma que se pueda implementar la ciclovía.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Referencias bibliográficas

Anexo C-ET. (2021). *ANEXO C - ESTUDIO DE TRAFICO*. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5094/ANEXO%20C%20-%20estudio%20de%20trafico.pdf?sequence=4&isAllowed

Azul, L. (21 de julio de 2011). *Quiminet*. Obtenido de La bicicleta como medio de transporte-Las ventajas de usar la bicicleta como medio de transporte: https://www.quiminet.com/articulos/la-bicicleta-como-medio-de-transporte-las-ventajas-de-usar-la-bicicleta-como-medio-de-transporte-2555670.htm

BCR. (2012). *Caracterización del departamento de Piura*. Obtenido de https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Piura/Piura-Caracterizacion.pdf

Boop, et al. (2018). *Bicycling for transportation: An evidence base for communities.* Elsevier.

Calderón et al. (2017). *Manual de Criterios de Diseño de.* Obtenido de Municipalidad de Lima: https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Lima20170421.pdf

Crow. (2011). *Manual de Diseño para el tráfico de bicicletas.* Holanda: Crow Editions.

CYPE. (s.f.). *Generador de precios espacios urbanos*. Obtenido de http://www.peru.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Instalaciones/Urbanas/IUB_Lineas_subterraneas_de_baja_te/IUB020_Linea_subterranea_de_distribucion_d.html

Distrito. (2022). *El distrito de Piura*. Obtenido de https://www.distrito.pe/distrito-piura.html

Doblevía. (22 de abril de 2017). *Diseño Geométrico en Perfil Longitudinal*. Obtenido de https://doblevia.wordpress.com/2007/04/22/diseno-geometrico-en-perfil-longitudinal/

El Peruano. (24 de abril de 2019). *Diario oficial El Peruanp*. Obtenido de https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-promueve-y-regula-el-uso-de-la-bicicleta-como-medio-ley-n-30936-1762977-4

Google earth. (s.f.). *Perfil longitudinal de un tramo de la avenida Cáceres*. Recuperado el 20 de julio de 2022, de https://earth.google.com/web/@-5.18116291,-80.6262416,37.5158963a,1840.01213273d,35y,0h,0t,0r

Google maps. (s.f.). *Esquematización de un tramo de la avenida Cáceres*. Recuperado el 18 de julio de 2022, de https://www.google.com/maps/place/Piura/@-5.2248299,-81.3902391,8z/data=!4m5!3m4!1s0x9036805ee717897d:0xbc4dd90e0dc6c8be!8m2!3d-5.3197093!4d-80.4549026

Google maps. (s.f.). *Ubicación de la ciudad de Piura*. Recuperado el 15 de julio de 2022, de https://www.google.com/maps/place/Piura/@-5.2248299,-81.3902391,8z/data=!4m5!3m4!1s0x9036805ee717897d:0xbc4dd90e0dc6c8be!8m2!3d-5.3197093!4d-80.4549026

Guanilo, G., & Martínez, R. (11 de marzo de 2019). *Principales resultados Región Piura. Censo 2017.* Piura. Obtenido de http://lunaconsultores.com/wp-content/uploads/2019/02/Resultados-CENSO-2017-en-la-Regi%C3%B3n-Piura.pdf

Haro, X. (2015). *Propuesta de un diseño de ciclovía en la ciudad de Latacunga.* Tesis de grado, Pontífica Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. Escuela Civil, Quito. Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11164

HCM. (2000). *Highway capacity manual, transportation research board.* TRB.

Lamego, C. (2017). *Desarrollo de un sistema inteligente de control de trafico con software de codigo abierto en sistemas embebidos.* Jalisco.

Legalitas. (2015). *LEGALITAS*. Obtenido de https://www.legalitas.com/actualidad/cuanto-tarda-un-semaforo-en-ponerse-ambar#:~:text=Es%20decir%2C%20la%20DGT%20recomienda,durar%20como%20m%C3%ADnimo%2035%20segundos.

Línea Verde. (2022). *Linea Verde. Smart city.* Obtenido de Guia de buenas práticas ambientales. Módulo IX. Transporte ssostenible: http://www.lineaverdemunicipal.com/Guias-buenas-practicas-ambientales/es/c-transporte-sostenible-movilidad-ahorro.pdf

Martínez, et al. (abril de 2019). *Plan de movilidad Piura*. Obtenido de http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1414

Martínez, et al. (abril de 2019). *Plan de movilidad Piura*. Obtenido de http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1414

MINEM. (2004). Obtenido de https://s3.amazonaws.com/gobpe-production/uploads/document/file/95070/RM_442_2004_DM.pdf

MTC. (24 de abril de 2019). *Ley 309936.* Obtenido de El Peruano: https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-promueve-y-regula-el-uso-de-la-bicicleta-como-medio-ley-n-30936-1762977-4/

MTC. (2020). *Guía de implementación de sistemas de transportes sostenible no motorizado.* Lima. Perú.

MTC. (17 de julio de 2021). *El Peruano*. Obtenido de https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-del-sistema-de-con-decreto-supremo-no-025-2021-mtc-1974058-2/

MTC. (2021). *informe No 99 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5094/ANEXO%20C%20-%20estudio%20de%20trafico.pdf?sequence=4&isAllowed

Municipalidad de Lima. (19 de abril de 2017). *Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo -iInclusiva y Guía de circulación del ciclista*. Obtenido de https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Lima20170421.pdf

Municipalidad de Lima. (19 de abril de 2017). *Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo -iInclusiva y Guía de circulación del ciclista*. Obtenido de https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Lima20170421.pdf

Ñaupas, et al. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Bogotá, Colombia: Bogotá Ediciones.

Pedalia. (2022). *Conoce la infraestructura ciclista*. Obtenido de https://pedalia.cc/conoce-la-infraestructura-ciclista/#:~:text=Vialidad%20Compartida%3A%20Las%20v%C3%ADas%20de,toda%20la%20vialidad%20es%20compartida.&text=En%20caso%20de%20que%20el,espacio%20suficiente%20para%20rebases%20seguros.

Piura Progresa. (2022). *Distrito de Piura*. Obtenido de http://anisabelacoello22.blogspot.com/2016/11/ubicacion-geografica-ubicado-en-la.html

Prieto, R. (9 de mayo de 2013). *Norma Técnica. CE.030 obras especiales y complementarios*. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/norma-ce-030-obras-especiales-y-complementarias.pdf

PTV Group. (2022). *PTV Vissim es el software de simulación de tráfico más avanzado y completo a nivel mundial*. Obtenido de https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-vissim-nuevo/#:~:text=PTV%20Vissim%20es%20un%20software,c%C3%B3mo%20decida%20utilizar%20el%20software.

RAE. (2021). *Real Academia Española*. Obtenido de https://dle.rae.es/ciclov%C3%ADa

Senamhi. (2022). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Obtenido de https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=piura&p=pronostico-detalle

Timaná, J. (2019). *Diseño de intersecciones PPD/ IT/NT03*. Obtenido de https://docplayer.es/72049705-Diseno-de-intersecciones-ppd-it-nt-03-campus-lima.html

Apéndices

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Apéndice A. Conteo vehicular

Apéndice A.1. Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Vice

INTERSECCION: AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES / AV. VICE — FECHA: MARTES 01/03/22 / 8 HORAS

HORA	BICICLETA	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
					PICK UP	PANEL	combi rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
FACTOR UVE		0.33	0.8	0.8	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
7-8 AM		280	230	90	85	11	5	35	9	2	35	4										786	844
8-9 AM	2	280	220	140	90	14	1	29	10													823	847
11-12 AM	5	150	110	100	60	12	1	4	7		12	1										457	408
12-1 PM		280	180	150	115	9	2	24	4	1	15	4										784	700
1-2 PM	3	150	150	150	90	5	2	14	5		3											569	485
4-5 PM	4	150	130	90	90	3	2	5			5											475	368
5-6 PM	4	250	140	260	120	4	1	20	4		7											806	664
6-7 PM	2	300	290	300	135	6	7	24	3		8	2										1075	887
TOTAL	20	1840	1450	1280	785	64	21	155	42	3	117	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5775	4900
%		31.86	25.11	22.16	13.59	1.11	0.36	2.68	0.73	0.05	2.03	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	

Apéndice A.2 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Sullana

INTERSECCION: AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES / AV. SULLANA — FECHA: MARTES 01/03/22 / 8 HORAS

HORA	BICICLETA	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
					PICK UP	PANEL	combi rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
FACTOR UVE		0.33	0.8	0.8	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
7-8 AM	8	247	212	106	236	19	7	8	6	1	38	15	2									897	947
8-9 AM	7	150	150	91	122	18	2	6			16	3										558	505
11-12 AM		300	225	178	180	26	3	2	6	1	16	4										941	776
12-1 PM		110	88	150	53	22	1		1		9		1									435	359
1-2 PM	2	300	227	258	137	30	11	4	8		13	4										992	817
4-5 PM		150	74	40	105	10	4	3	1	2	4	1										394	316
5-6 PM		300	238	222	76	25	5	13	4	2	16	12										913	800
6-7 PM	5	297	215	300	214	25	13	6	6		5	3										1084	869
TOTAL	22	1854	1429	1345	1123	175	46	42	32	6	117	42	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6214	5200
%		29.84	23.00	21.64	18.07	2.82	0.74	0.68	0.51	0.10	1.88	0.68	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	

Apéndice A.3 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Ramón Mujica

INTERSECCION AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES
AV. RAMON MUJICA

FECHA MARTES 01/03/22
8 HORAS

HORA	BICICLETA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
					PICK UP	PANEL	combi rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	Área de trazado			3T2	3T3		
FACTOR UVE		0.33	0.8	0.8	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
7-8 AM	3	233	139	4	89	1	8	20	5		17											516	487
8-9 AM	4	289	138	1	140	2	8	20			27											625	580
11-12 AM	3	323	215	10	100	1	15	20			20	2										706	608
12-1 PM	10	224	137	2	58		10	9			15	2										457	384
1-2 PM	3	315	220	3	89		14	18			22	7										688	616
4-5 PM		207	214	50	61	10	16	16			17											591	532
5-6 PM	10	200	160	2	61		9	15	4		7											458	390
6-7 PM	5	390	217	10	140		4	20			18	4										803	648
TOTAL	38	2181	1440	82	738	14	84	138	9	0	143	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4844	4600
%		45.02	29.73	1.69	15.24	0.29	1.73	2.85	0.19	0.00	2.95	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

Apéndice A.4 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida San Ramón

INTERSECCION AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES
AV. SAN RAMÓN

FECHA MARTES 01/03/22
8 HORAS

HORA	BICICLETA	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
					PICK UP	PANEL	combi rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
		0.33	0.8	0.8	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
7-8 AM	10	210	80	10	60	10	5	8	8		21	13										425	463
8-9 AM	3	230	250	40	80	20	3	10	7		22	11	1									674	659
11-12 AM	14	240	140	15	90	15	5	8	2		19	10										544	505
12-1 PM	2	350	290	6	200	2	8	12	6		20	4										898	768
1-2 PM	2	200	180	0	120	3	0	9	6		13	3										534	479
4-5 PM	15	150	180	1	80	0	3	7	8		17	1										447	438
5-6 PM	17	260	250	0	200	4	5	11	4		29	3		2								768	734
6-7 PM	5	150	200	5	85	0		11	8		4	1										464	408
TOTAL	68	1790	1570	77	915	54	29	76	49	0	145	46	1	2	0	0	0	0	0	0	0	4754	4454
%		34.96	30.66	1.50	17.87	1.05	0.57	1.48	0.96	0.00	2.83	0.90	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.85	

Apéndice A.5 Conteo vehicular en un sentido por 8 horas de la avenida Cáceres en intersección con la avenida Guillermo Irazola

INTERSECCION AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES
AV. GUILLERMO IRAZOLA

FECHA MARTES 01/03/22
8 HORAS

HORA	BICICLETA	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
					PICK UP	PANEL	combi rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
FACTOR UVE		0.33	0.8	0.8	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
7-8 AM	3	280	280	45	75	57	12	21	18		18	10	1									817	827
8-9 AM	10	240	108	14	77	12	12	10	20	1	21	13										528	605
11-12 AM	14	262	185	21	125	36	6	20	25	2	19	10										711	784
12-1 PM	2	350	250	10	150	7	16	6	26		20	4										839	787
1-2 PM	2	227	201	1	145	2	1	12	24		13	3										629	634
4-5 PM	15	123	105	2	82	1	4	2	26		17	1										363	445
5-6 PM		300	238	222	76	25	5	13	4	2	16	12										913	800
6-7 PM	5	350	215	300	214	25	13	6	6		5	3										1137	887
TOTAL	48	1852	1302	570	869	108	57	69	131	5	111	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5120	5768
%		36.17	25.43	11.13	16.97	2.11	1.11	1.35	2.56	0.10	2.17	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Anexos

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Anexo A. Norma técnica de obras especiales y complementarias

NORMA TÉCNICA

CE.030 OBRAS ESPECIALES Y COMPLEMENTARIAS

APROBADO POR LA COMISIÓN PERMANENTE DE ACTUALIZACIÓN DEL RNE

CAPÍTULO I

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CICLOVÍAS

APROBADO POR LA COMISIÓN PERMANENTE DE ACTUALIZACIÓN DEL RNE

1. GENERALIDADES.

El excesivo parque automotor de las ciudades viene generando problemas en el tránsito, medio ambiente y en la salud de las personas.
En este contexto, la bicicleta se ha convertido en un medio de transporte económico, sano y eficiente. El fomento del transporte en bicicleta a partir de lineamientos técnicos claros, ayudará a generar una nueva forma de vida en las personas, mucho más saludable para la comunidad y respetuosa con el medio ambiente.

2. OBJETO.

Establecer los lineamientos técnicos mínimos para el diseño y construcción de infraestructura para bicicletas.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

La presente norma es de aplicación obligatoria para toda habilitación urbana en conformidad con el Plan de Desarrollo Urbano Municipal y/o el Plan de Desarrollo Vial Municipal.
El numeral 7. ANEXOS es de carácter informativo. No es de cumplimiento obligatorio.

4. NORMATIVIDAD

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma. Se deben considerar los documentos vigentes:

4.1 Base Legal

- Ley 29593 (Ley que declara de interés nacional el uso de la bicicleta y promociona su utilización como medio de transporte sostenible), publicada el 08.10.2010.
- Decreto Supremo N°011-2006-VIVIENDA, que aprueba 66 normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Decreto Supremo N°010- 2009-VIVIENDA, que modifica ocho normas del Reglamento Nacional de Edificaciones y un Anexo de la norma A.030 Hospedaje.

4.1 Referencias Normativas

- Manual de Vialidad Urbana - Recomendaciones para el diseño de elementos de Infraestructura Vial Urbana de Chile. Aprobado por Decreto Exento N° 827 del 05.12.2008.

5. GLOSARIO

Para los propósitos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

5.1 ALTURA LIBRE.
Distancia libre mínima vertical desde la capa de rodadura.

5.2 BICICLETA
Vehículo no motorizado de dos ruedas propulsado por fuerza humana.

5.3 SUPERFICIE DE RODADURA (DE LA CICLOVÍA)
Superficie de la ciclovía que está en contacto con las bicicletas.

5.4 CICLOVÍA
Vía para el tránsito de bicicletas.

5.5 ELEMENTO DE SEGREGACIÓN
Cualquier elemento de seguridad (delineadores flexibles, áreas verdes, tachones, sardineles, bolardos, etc.) ubicado desde el borde externo de la ciclovía.

5.6 ESPACIO DE MANIOBRAS
Parte del estacionamiento de bicicletas para efectuar maniobras de ingreso y salida.

APROBADO POR LA COMISIÓN PERMANENTE DE ACTUALIZACIÓN DEL RNE

5.7 ZONA DE SEGURIDAD
Espacio adyacente a la ciclovía destinado a brindar seguridad al ciclista.

5.8 PENDIENTE (DE LA CICLOVÍA)
Inclinación del eje longitudinal de la ciclovía.

5.9 PERALTE (DE LA CICLOVÍA)
Inclinación del eje transversal de la ciclovía *en zonas de curva.*

6. LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CICLOVÍAS.

6.1 En el Plan de Desarrollo Urbano Municipal Provincial y/o en el Plan de Desarrollo Urbano Municipal Distrital se pueden establecer las vías urbanas que incluirán ciclovías, para las cuales se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Para ciclovías dispuestas en ambos lados de la vía (a fin de segregar al ciclista del transporte motorizado), se deberá considerar un ancho mínimo efectivo de 1,50 m. para cada una.
- Para la ciclovía dispuesta a un solo lado de la vía (a fin de segregar al ciclista del transporte motorizado), se deberá considerar un ancho mínimo efectivo de 2,00 m.

En ambos casos, el profesional responsable del diseño, deberá ampliar el ancho mínimo de la ciclovía en función a factores específicos (por ejemplo: flujo de ciclistas, curva de la ciclovía, pendiente del terreno, elementos de segregación, etc.).

6.2 La altura libre que debe tener una ciclovía (ubicada en espacios abiertos tales como parques, vías urbanas, etc.) debe ser de 2,50 m. como mínimo. En el caso de espacios cerrados o techados (túneles, pasos a desnivel, etc.), la altura debe ser como mínimo de 3.00 metros. En ambos casos, no debe existir ningún elemento debajo de esa altura.

6.3 Las ciclovías que se ubiquen junto a las veredas deberán incluir elementos de segregación (por ejemplo: diferencia de nivel, bolardos, jardines, etc.) para separarse de estas.

6.4 El profesional responsable deberá sustentar técnicamente la superficie de rodadura de la ciclovía a fin de que sea uniforme, impermeable y antideslizante.

6.5 Toda ciclovía debe contar con dispositivos de control de tránsito así como con señalización horizontal y vertical a fin de garantizar la seguridad y salud de los peatones y del ciclista.

6.6 Otras características técnicas del diseño de ciclovías como zonas de protección para el ciclista (por ejemplo, en intersecciones viales, pendientes pronunciadas, etc.), peralte en curvas, elementos de segregación, etc. debe establecerlas el profesional responsable de acuerdo a sus estudios técnicos.

6.7 En caso se proyecte infraestructura para bicicletas en una vía pública de una habilitación urbana, por seguridad del ciclista deberá optarse por alguna de las siguientes cuatro alternativas,:

- Si la ciclovía se ubica entre la vereda y los estacionamientos para transporte motorizado (perpendiculares a la vía), debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producirle los vehículos motorizados estacionados. Así mismo, la vereda debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los ciclistas a los peatones. Esta delimitación y protección se debe dar mediante espacios de aislamiento o elementos de

APROBADO POR LA COMISIÓN PERMANENTE DE ACTUALIZACIÓN DEL RNE

segregación que estén sustentados técnicamente por el profesional responsable. Ver Anexo 7.1.1.

- Si la ciclovía se ubica entre la vereda y la pista, debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los vehículos motorizados en movimiento. Así mismo, la vereda debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los ciclistas a los peatones. Esta delimitación y protección se debe dar mediante espacios de aislamiento o elementos de segregación que estén sustentados técnicamente por el profesional responsable. Para este caso debe considerarse y respetarse el uso de paraderos. Ver Anexo 7.1.2.

- Si la ciclovía se ubica entre los estacionamientos para transporte motorizado (perpendiculares a la vía) y una zona peligrosa (abismo, talud, masa de agua, etc.) debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los vehículos motorizados estacionados así como las caídas, desprendimiento de rocas, etc. Esta delimitación y protección se debe dar mediante espacios de aislamiento o elementos de segregación que estén sustentados técnicamente por el profesional responsable. Ver Anexo 7.1.3.

- Si la ciclovía se ubica entre la pista y una zona peligrosa (abismo, talud, masa de agua, etc.) debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los vehículos motorizados en movimiento así como las caídas, desprendimiento de rocas, etc. Esta delimitación y protección se debe dar mediante espacios de aislamiento o elementos de segregación que estén sustentados técnicamente por el profesional responsable. Ver Anexo 7.1.4.

6.8 Las características técnicas de los espacios de aislamiento, elementos de segregación y otros (tipo de material, color, peralte, espaciamiento entre ellos, etc.) deben ser definidas por el profesional responsable del diseño a través de su estudio técnico.

6.9 Las ciclovías deberán tener continuidad en las cabeceras o martillos (mediante rampas u otras soluciones que el profesional responsable considere) priorizando el desplazamiento del peatón.

6.10 En caso de que los estacionamientos estén dispuestos en paralelo, las ciclovías deben separarse de estos mediante un espacio de aislamiento o elementos de segregación (por ejemplo: berma, jardín, etc.) de un ancho mínimo de 0,80 m. Ver Anexo 7.1.5.

6.11 El radio de giro de una ciclovía estará definido por el estudio técnico del profesional responsable del diseño y nunca podrá ser menor a 3,00 metros.

6.12 El módulo de estacionamiento para una bicicleta debe tener como mínimo las siguientes medidas: 0,80 m de ancho y 2,00 m de largo.

6.13 Todo proyecto de ciclovías debe contemplar la señalización horizontal y vertical necesaria de acuerdo a la normativa vigente.

APROBADO POR LA COMISIÓN PERMANENTE DE ACTUALIZACIÓN DE RNE

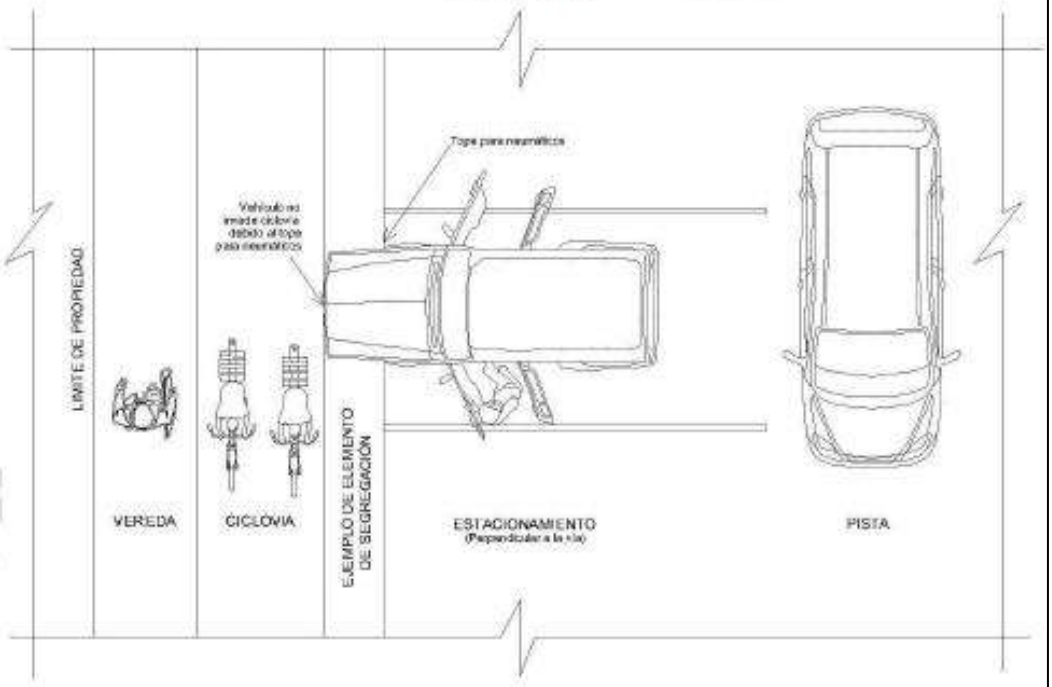
7. ANEXOS INFORMATIVOS.

1.1 ESQUEMAS SOBRE UBICACIÓN DE CICLOVÍAS EN VÍAS PÚBLICAS.

7.1.1 Ejemplo de ciclovía ubicada entre vereda y estacionamiento perpendicular a la vía.

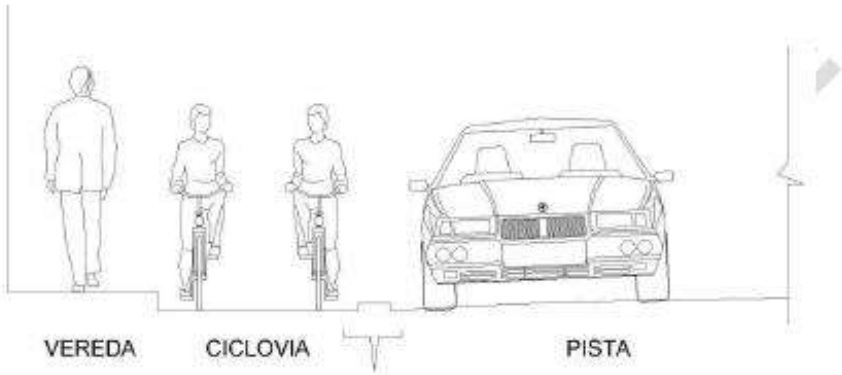
Vista Frontal

Vista en Planta



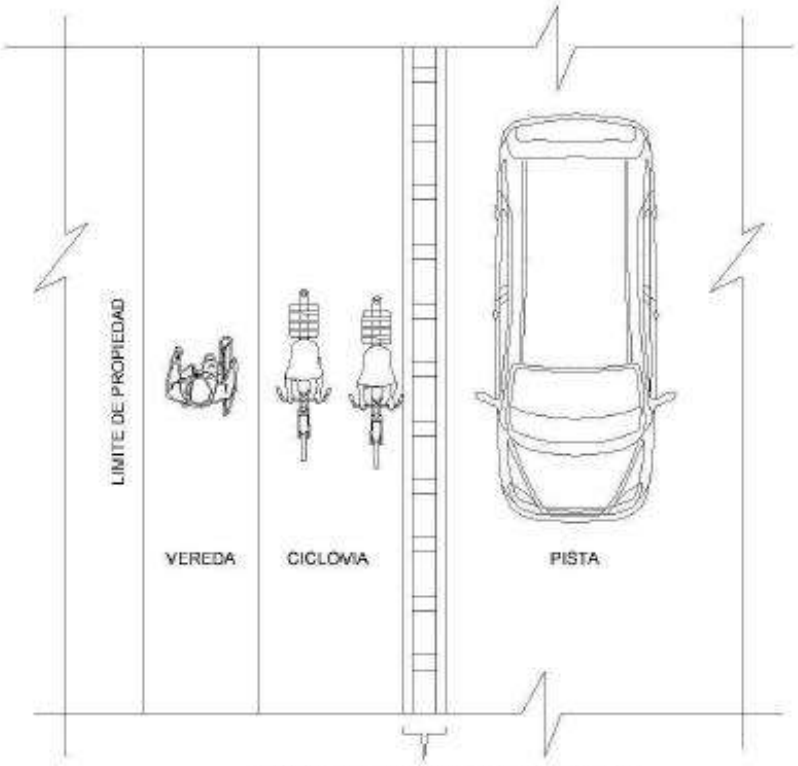
7.1.2 Ejemplo de ciclovía ubicada entre vereda y pista

Vista Frontal



EJEMPLO DE ELEMENTO DE SEGREGACION
(Tachones entre dos franjas pintadas de un ancho de 10 cm.)

Vista en Planta

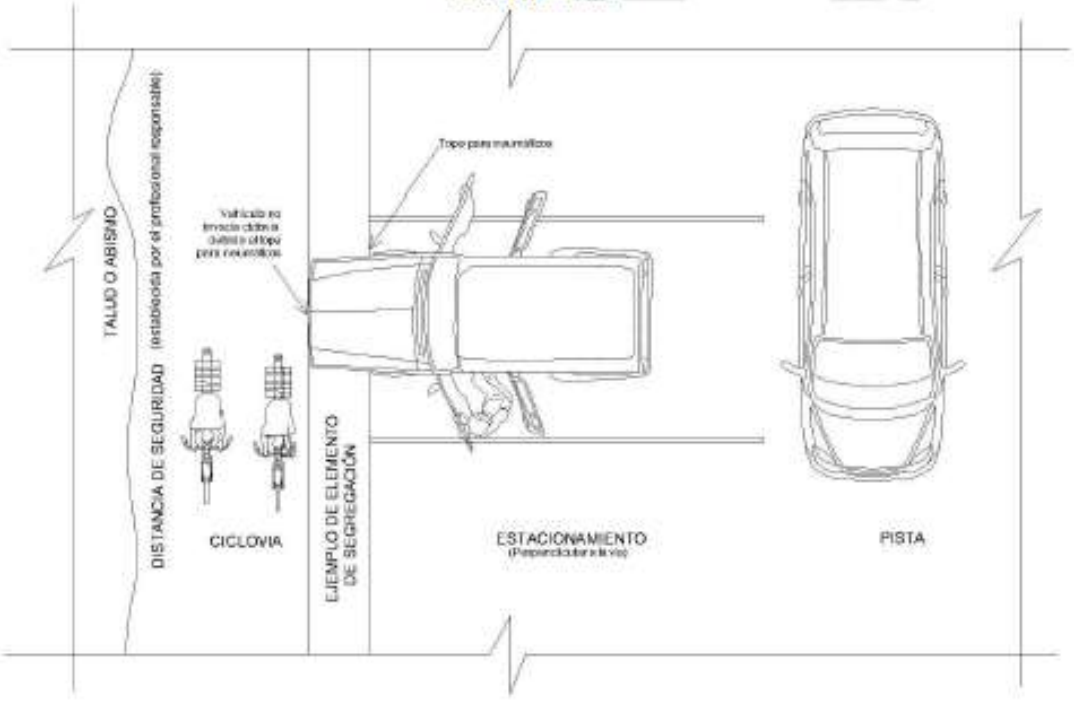


EJEMPLO DE ELEMENTO DE SEGREGACION
(Tachones entre dos franjas pintadas y de un ancho de 10 cm.)

7.1.3 Ejemplo de vía pública sin vereda, con ciclovía ubicada entre zona peligrosa y estacionamiento perpendicular a la vía.

Vista Frontal

Vista en Planta

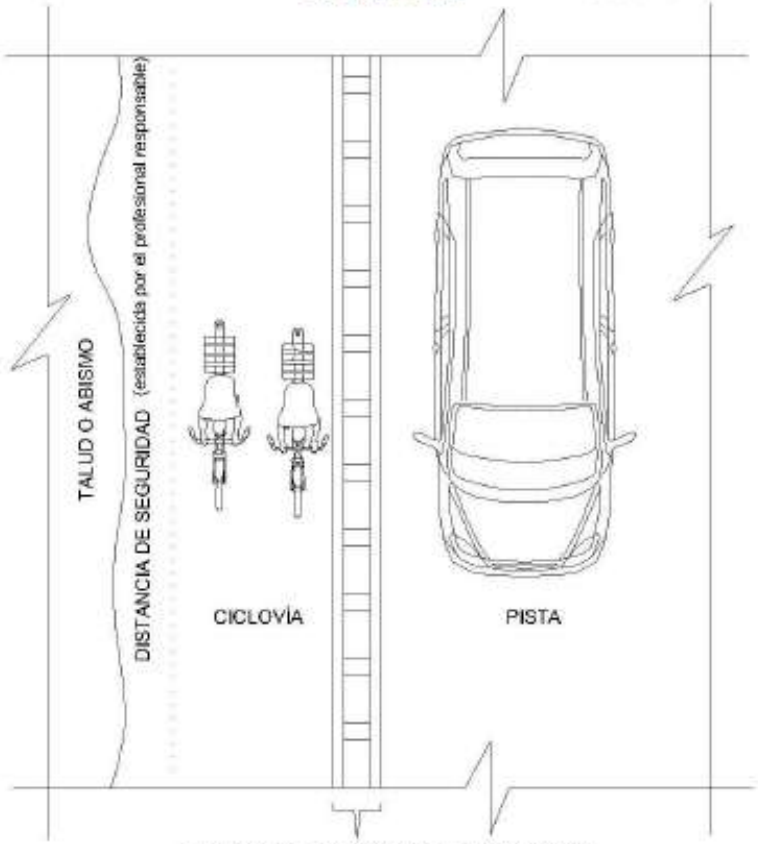


7.1.4 Ejemplo de vía sin vereda, con ciclovía ubicada entre zona peligrosa y pista.

Vista Frontal

EJEMPLO DE ELEMENTO DE SEGREGACION
(Tachones entre dos franjas pintadas y de un ancho de 10 cm.)

Vista en Planta

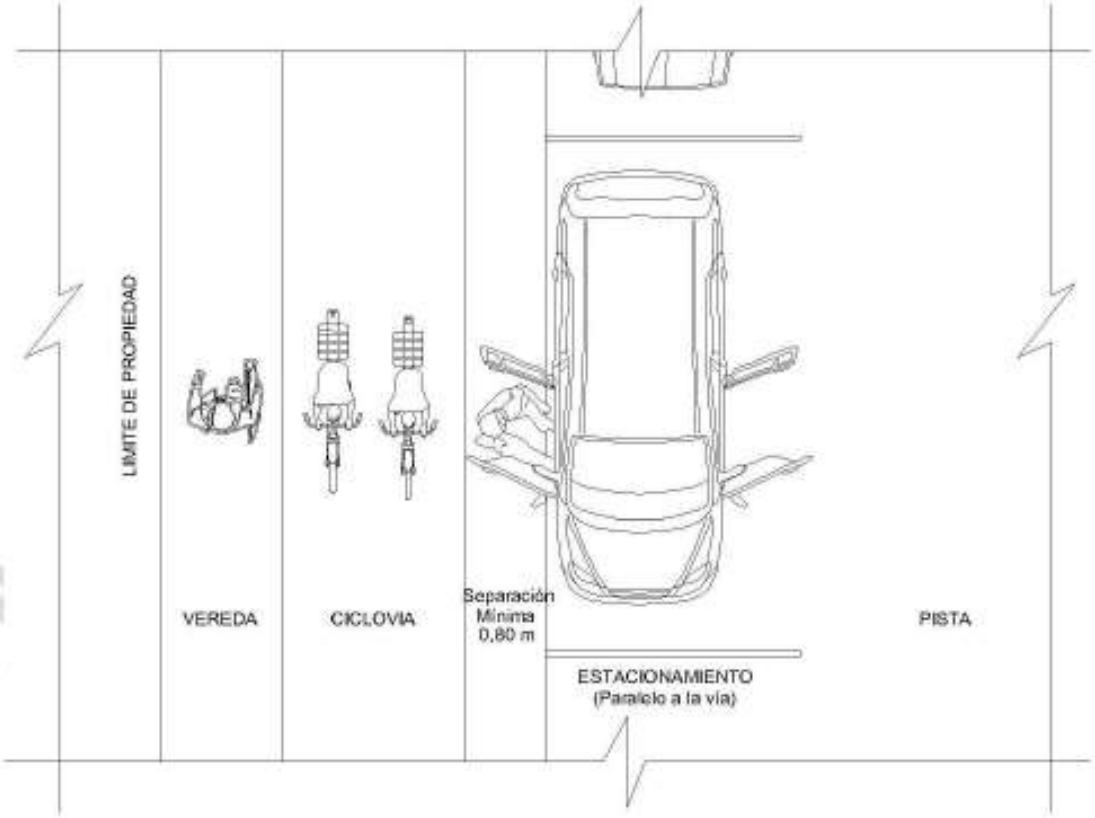


EJEMPLO DE ELEMENTO DE SEGREGACION
(Tachones entre dos franjas pintadas y de un ancho de 10 cm.)

7.1.5 Ejemplo de ciclovía ubicada entre vereda y estacionamiento en paralelo.

Vista Frontal

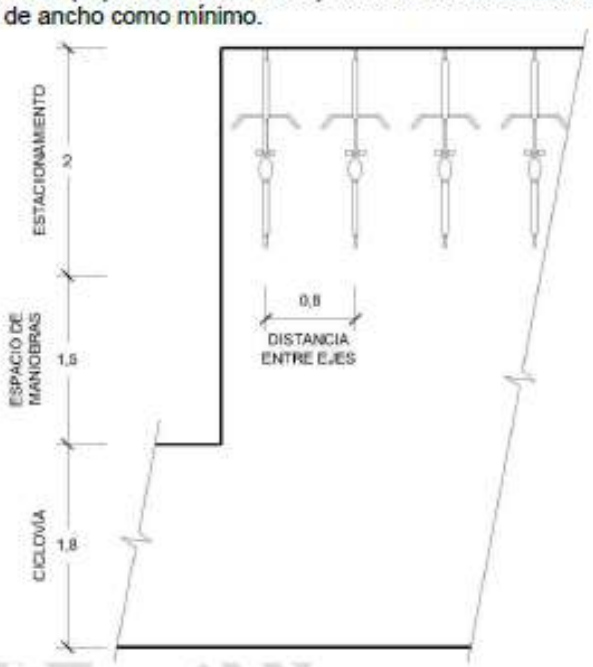
Vista en Planta



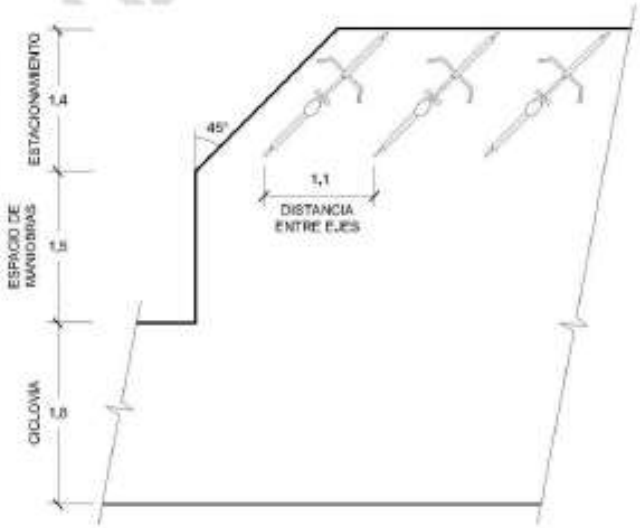
1.2 En cada módulo de estacionamiento para bicicletas se recomienda incluir los adecuados elementos de sujeción para asegurar el marco y por lo menos una rueda de la bicicleta.

1.3 Dejar un espacio libre de separación (espacio de maniobras) entre el estacionamiento de la bicicleta y la ciclovía de 1,50 m de ancho como mínimo.

Ejemplo de estacionamiento de bicicletas perpendicular a la ciclovía



Ejemplo de estacionamiento de bicicletas a 45° de la ciclovía



1.4 A fin de proteger al ciclista en las curvas de las vías (por ejemplo, giros de las esquinas) se recomienda que el profesional responsable establezca elementos de segregación adecuados para evitar que los automóviles invadan la ciclovía al momento del volteo.

1.5 Se recomienda que en la elaboración de los planes urbanos municipales se vea la posibilidad de generar una red o circuito de ciclovías (en todo caso, conectar la nueva ciclovía proyectada a la red de ciclovías existente en la zona urbana). Así mismo, se recomienda incluir en el diseño de las ciclovías de acuerdo a la demanda de viajes.

APROBADO POR LA COMISIÓN PERMANENTE DE ACTUALIZACIÓN DEL RNE

***Nota*. Adaptado de (Prieto, 2013)**