

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Ing. Ricardo Briones Huerta

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DEL
TIPO DE CICLORUTA EN CARRETERAS Y VÍAS
SUBURBANAS

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para optar al Título de Ingeniero
Civil.

KARIN LISBETH PÉREZ GAJARDO

CONCEPCIÓN, MAYO DEL 2013

NOMENCLATURA

AASHTO	American Association of State Highway Transportatios Officials
B/h	Bicicletas por hora
CONASET	Comisión Nacional de Señalización de Tránsito
CROW	Het nationale kennisplatform voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte
HCM	Highway Capacity Manual
Ib	Intensidad de bicicleta
Km/h	Kilómetros por hora
MCV-3	Manual de Carreteras, Volumen 3
MCV-6	Manual de Carreteras, Volumen 6
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MST	Manual de Señalización de Tránsito
P/h	Peatones por hora
TLF	Transport for London
TMDA	Tránsito Medio Diario Anual
TSRG	Traffic Signs Regulations and General Directions
V85%	Velocidad Percentil 85
Veh/día	Vehículos por Día
VPD	Vehículos por Día
VPH	Vehículos por Hora

Vvm

Velocidad de vehículos motorizados

Dedicatoria

Dedicado especialmente a:

A mi amada familia, quienes me han apoyado incondicionalmente durante estos años de estudio y de vida. Les doy gracias eternamente a mis padres y hermanos por ser mis pilares fundamentales en estos años de estudio, por la sabiduría, consejos, valores, paciencia, cariño, constancia, amor, etc., entregados día a día para ser una mejor persona y salir adelante en los momentos más difíciles.

A Hernán Gallardo Toledo, por ser mi pololo/compañero/amigo y por estar siempre a mi lado. Gracias por tu amor, apoyo, motivación y aliento para continuar cuando estaba a punto de rendir. Gran parte de mi éxito es gracias a ti.

Gracias a todos pude cumplir esta meta y se los agradezco desde el fondo de mi alma.

Agradecimientos

Doy gracias eternamente a Dios por haber iluminado mi camino, llenarlo de bendiciones todo el tiempo y haberme permitido cumplir mis objetivos al lado de aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo universitario.

A mis amigos y compañeros de estudios les agradezco con todo mi corazón por todo el apoyo entregado durante los años de estudio, por los buenos momentos, por ayudarme a crecer como persona y como profesional. Agradecer de forma especial a mi amiga del alma Javiera Valenzuela Campos, gracias por tu apoyo, por estar en las buenas y malas conmigo, por estar siempre dispuesta a ayudar en los momentos más difíciles, por tus consejos, por ser una excelente amiga.

Agradezco de manera especial a mi profesor guía, Ing. Ricardo Briones Huerta, quién me dio la posibilidad de cambiar de tema en el momento preciso, gracias por haber confiado en mí y por saber guiarme en el desarrollo de la presente tesis desde su inicio hasta su culminación.

Gracias a mis profesores de comisión, Dr. Sergio Vargas Tejeda e Ing. Franco Benedetti Leonelli por haber estado en los momentos que los necesite, por sus observaciones realizadas en cada paso que daba y por los conocimientos entregados.

Finalmente quiero agradecer a la Universidad del Bío-Bío de manera particular a cada persona que forma parte del Departamento de Ingeniería Civil, profesores, secretarias especialmente a Jessica Zagal por ser un Ángel en mi camino, auxiliares, etc., por haberme formado profesionalmente.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Contexto	3
1.2 Identificación y justificación del problema	3
1.3 Alcances de la investigación	4
1.4 Objetivos de la investigación	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
2. METODOLOGÍA	6
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
3.1 Tipos de ciclorutas	8
3.2 Estudios realizados	9
3.3 Normativa nacional e internacional en la selección del tipo de cicloruta	13
3.4 Identificación de variables influyentes	13
3.4.1 Volumen de vehículos motorizados	13
3.4.2 Velocidad percentil 85 (V85%)	14
3.4.3 Intensidad de flujo de ciclistas	14
3.4.4 Intensidad de flujo peatonal	14

4. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DE TIPO DE CLICORRUTA.....	15
4.1 Determinar intensidad del flujo de ciclistas.....	17
4.2 ¿Existe zona lateral elevada como por ejemplo: parques, aceras peatonales, medianas o bandejón amplios?.....	17
4.3 Determinar intensidad del flujo peatonal.....	17
4.4 Solución preliminar.....	18
4.5 ¿La solución es compatible?.....	18
4.6 Implementación de solución.....	19
4.7 Caracterización de la vía.....	19
4.8 Solución preliminar.....	20
4.9 ¿La solución es compatible?.....	21
4.10 Implementación de solución.....	22
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	24
5.1 Aplicación de la metodología Ruta O-60 Cabreo-Monte Águila.....	24
5.2 Aplicación de la metodología Ruta 160 San Pedro de la Paz-Coronel.....	25
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
6.1 Conclusiones.....	28
6.2 Recomendaciones.....	30
7. REFERENCIAS.....	31
8. ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura metodológica	6
Figura 2: Diagrama para selección de tipo de ciclo vía.....	11
Figura 3: Diagrama para la selección de separación extra entre tráfico vehicular y ciclistas	12
Figura 4: Procedimiento para la selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas .	16
Figura 5: Solución preliminar para la combinación ciclista-vehículo	21
Figura 6: Zona de estudio, Ruta O-60, tramo Cabrero-Monte Águila	24
Figura 7: Zona de estudio, Ruta 160, tramo Candelaria-Boca Sur.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Nivel para Flujo de Ciclistas	17
Tabla 2: Clasificación de Nivel para Flujo de Peatones.....	18
Tabla 3: Solución Preliminar para la Combinación Ciclista-Peatón	18
Tabla 4: Ancho Mínimo Necesario para Solución Preliminar	19
Tabla 5: Ancho Mínimo para Solución Adjunta a Calzada Vehicular	21
Tabla 6: Distancia Mínima entre Calzada y Vía de Ciclistas.....	22
Tabla 7: Descripción de Elementos Segregadores	23

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE CICLORUTA EN CARRETERAS Y VÍAS SUBURBANAS

Autor: Karin Pérez Gajardo

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Biobío.

Correo electrónico: kperez@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Ricardo Briones Huerta

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Biobío

Correo electrónico: ricardobriones.20@gmail.com

RESUMEN

El aumento del uso de la bicicleta como medio de transporte se ha traducido en la necesidad de una adecuada implementación de espacios que permitan brindar mayor seguridad al tránsito de ciclistas. En Chile esa disponibilidad de espacios aún se encuentra en vías de desarrollo, provocando que los ciclistas se vean en la obligación de invadir aceras y calzadas, lo que aumenta su vulnerabilidad.

Para afrontar esta situación, se requiere mejorar en las ciclorutas existentes y en las nuevas instalaciones, la infraestructura física de éstas, con el objetivo de mejorar la seguridad y comodidad de los ciclistas al transitar por ellas, contribuyendo a reducir la tasa de accidentes.

En Chile no se cuenta con un manual exclusivo para el diseño de ciclorutas, basándose sólo por recomendaciones del MCV-6. Es por ello que en esta investigación se propone un procedimiento para la selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas basada en la revisión de manuales nacionales e internacionales. Para ello se identificó las principales variables que influyen en la selección del tipo de cicloruta (V85%, flujo vehicular e intensidad de peatones y de ciclistas) y se diseñó una metodología en donde distinguen dos tipos de separación ya sea ciclista-peatón o ciclista-vehículo que dependerá de si existe o no presencia de zona lateral elevada.

El procedimiento propuesto se aplicó en dos rutas de la región del Bío-Bío, concluyendo que para ambos casos de estudio se obtuvieron anchos de ciclotura mayores a los recomendados por el MCV-6, lo que genera mayor seguridad y comodidad a los ciclistas.

Finalmente se recomienda elaborar un manual de diseño de ciclorutas incorporando la metodología propuesta.

Palabras claves: Cicloruta, seguridad, criterios de selección (V85%, TMDA, intensidad de peatones y de ciclistas).

Número de Palabras: 6250 Palabras Texto + 13 Figuras/Tablas*250 + 1 Figura*500 = 10.000 Palabras Totales.

ABSTRACT

The increase in the use of bicycles as means of transport has translated into a need for suitable implementation of spaces to give a greater security to cyclists. In Chile, the availability for such spaces is still development, forcing cyclist to use sidewalks and driveways, which increases their vulnerability.

In order to face this challenge, there is a need to improve the existing bicycle lanes and to build new ones; the physical infrastructure of these, with the aim of improving the security and comfort of cyclists when they pass through them, helping to decrease the accident rate.

In Chile, there is not an exclusive manual for the design of bicycle lanes, based only on the recommendations of the MCV-6. It is for that reason, that this research proposes a procedure for selecting the type of bicycle lanes in roads and streets, based on the review of national and international manuals. In order to do this, the main variables that influence the selection of the bicycle lane type were identified (V85%, traffic flow and intensity of pedestrians and cyclists) and a methodology was designed, where two types of separation can be distinguished, cyclist-pedestrian or cyclist-vehicle, which will depend on whether there exists a high side zone or not.

The procedure proposed was applied in two routes of Bío-Bío, concluding that for both case studies bicycle lane widths larger than recommended by the MCV-6 were obtained, generating more security and comfort for cyclists.

Finally, it is recommend that a design manual for bicycle lanes that includes the proposed methodology is made.

Keywords: bicycle lanes, security, criteria of selection (V85%, traffic flow and intensity of pedestrians and cyclists).

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

En la actualidad, la bicicleta se ha convertido en un medio de transporte alternativo que se ha masificado debido a su bajo costo y a los múltiples beneficios (Manual de Señalización de Tránsito, 2003). Debido a lo anterior, es necesario que se incorpore este medio como un modo más en el sistema de transporte para así brindar a los ciclistas mayor seguridad a la hora de transitar con los vehículos motorizados.

En el mundo existen claros ejemplos del aumento en el empleo de la bicicleta. Esto se debe a la instauración de políticas por parte de los gobiernos y entidades de transporte, que han permitido que la bicicleta sea un medio efectivo de transporte dentro de la ciudad. Algunos ejemplos son: Tianjin, Shenyang y Beijín (China), Groningen y La Haya (Holanda), Dhaka (Bangladesh), Erlangen (Alemania), Tokio (Japón), entre otras. En estos ejemplos se ha determinado que los aspectos a considerar para fomentar el uso a la bicicleta son: educación de ciclista y conductores; infraestructura (adecuada segregación ciclista-peatón y ciclista-vehículo, señalización, etc.); seguridad (prevención de accidentes y robos); y conexión con otros medios de transporte (Suero, 2010).

En Chile, actualmente el uso de la bicicleta se encuentra masificado especialmente en ciudades y en algunas localidades circundantes de grandes ciudades, en ciudades pequeñas, en áreas rurales y agroindustriales cercanas a zonas habitadas (Espinoza C., 2009; Elisségaray, 2009; Eltit, 2011; Espinoza A., 2010). Sin embargo los aspectos expuestos en el párrafo anterior no han sido del todo abordados, especialmente lo que respecta a la seguridad de los ciclistas desde la perspectiva de la infraestructura (CONASET, 2012).

1.2 Identificación y justificación del problema

La utilización de la bicicleta como medio de transporte en Chile ha debido superar diversos obstáculos para convertirse en un medio de transporte importante, tal como el estado de las vías, la tecnología y los costos, además de la cultura y las costumbres de las personas.

En el ámbito de la disponibilidad de infraestructura para uso exclusivo de ciclistas en Chile, este aún se encuentra en desarrollo provocando una gran desventaja en cuanto a seguridad respecto a

otros medios de transporte, especialmente al compartir la vía ya sea con peatones o vehículos motorizados (MCV-6, 2008).

El origen del problema anterior es que en Chile los ciclistas cuentan con pocos espacios propios para la circulación, lo que los obliga a invadir aceras y calzadas, o los espacios existentes cuentan con escasos elementos de segregación provocando accidentes. Para disminuir el número de accidentes en que participan los ciclistas, se hace necesaria la generación de espacios para el tránsito de bicicletas sin tener que compartir con vehículos motorizados o con peatones. Este espacio se puede generar a través de una adecuada segregación lograda con dispositivos viales o mejorar las ciclorutas existentes con un buen sistema de segregación.

Es por ello, que surge la necesidad de realizar esta investigación con el fin de proponer una adecuada selección del tipo de solución a utilizar ya sea ciclovías, ciclobandas o ciclocalles, y así el ciclista pueda enfrentar el tráfico peatonal o vehicular de forma segura disminuyendo la tasa de accidentes.

Cabe mencionar, que actualmente en Chile el Manual de Carreteras es quien entrega los procedimientos normativos, metodologías y criterios técnicos para la evaluación, diseño de los elementos y medidas de seguridad para generar vías seguras de ciclistas en las vías en tuición de la Dirección de Vialidad.

Otro factor importante a considerar es que cada vez aumenta más la necesidad de crear ciclorutas, ya sea en vías urbanas, suburbanas y carreteras, por lo que es necesario dar mayor énfasis en la seguridad del ciclista con respecto a los vehículos motorizados y peatones.

Debido a lo anterior, esta investigación pretende proponer una metodología para la selección de la infraestructura física de la cicloruta que permita la segregación del ciclista respecto al peatón y al flujo vehicular en vías suburbanas y en carreteras.

1.3 Alcances de la investigación

El ámbito de aplicación de la metodología propuesta se limita a carreteras y vías suburbanas. Para la selección del tipo de cicloruta tanto ciclista-peatón como ciclista-vehículo, se consideró un trazado origen-destino continuo. No son objetos de ésta investigación las intersecciones y puentes.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

- Proponer una metodología para la selección del tipo de cicloruta que permita la separación ciclista-peatón y ciclista-vehículo en carreteras y vías suburbanas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar las variables que permiten seleccionar el tipo de cicloruta respecto de los peatones y automóviles en vías suburbanas y carreteras interurbanas.
- Caracterizar los criterios normativos para el uso de los distintos tipos de ciclorutas.
- Diseñar una metodología para la selección del tipo de cicloruta.
- Aplicar la metodología propuesta en cicloruta proyectada y en cicloruta existente.
- Establecer recomendaciones para la implementación de la metodología en Chile.

2. METODOLOGÍA

El presente capítulo expone la metodología de trabajo con la cual se dará cumplimiento a los objetivos planteados (Figura 1).

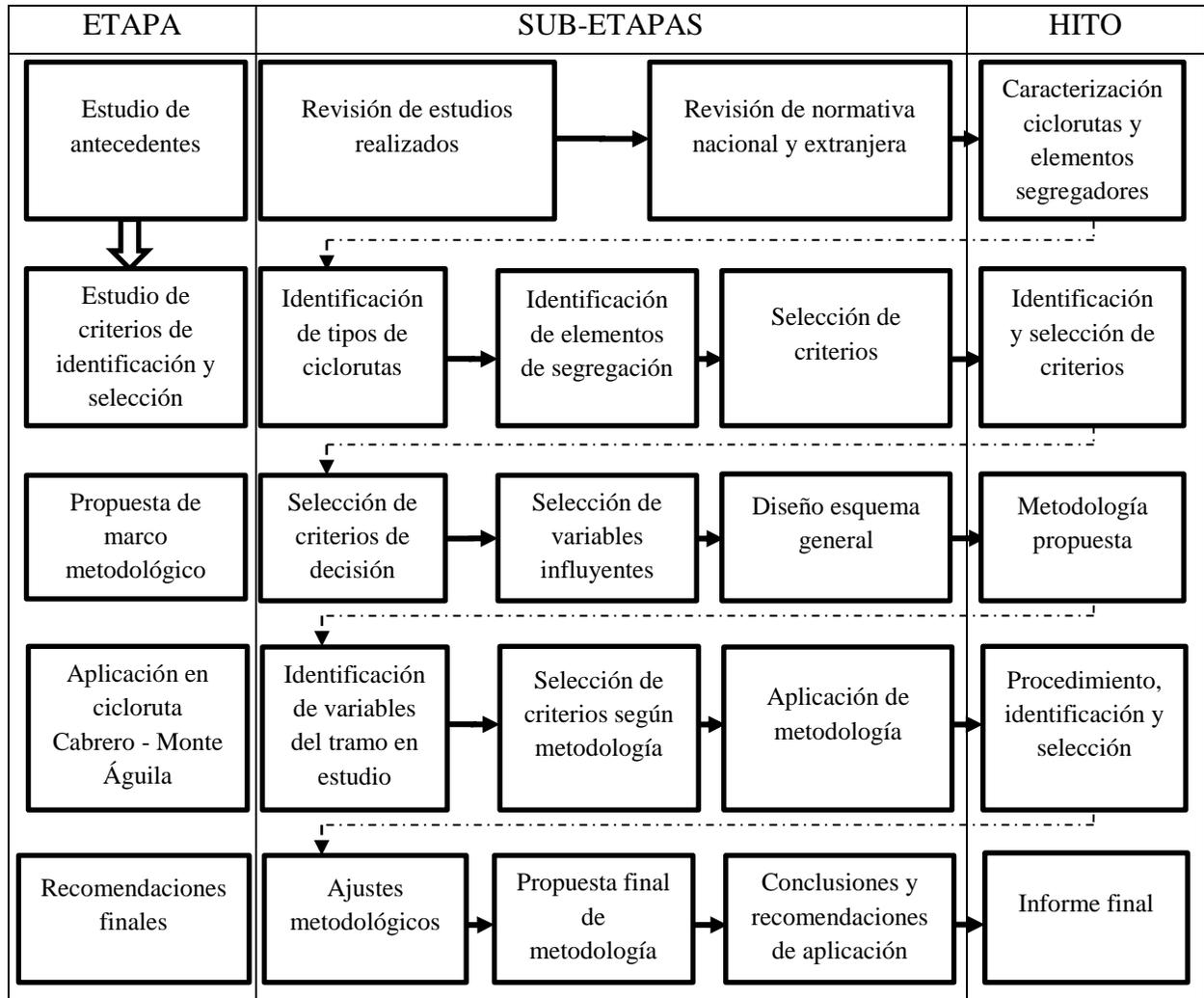


Figura 1. Estructura metodológica

Etapa 1- Estudio de antecedentes: se realizó una revisión de las principales normativas nacionales e internacionales, además de estudios relacionados, identificando el funcionamiento de las ciclorutas y sus elementos de segregación.

Etapa 2- Estudio de los criterios de identificación y selección: se identificó los tipos de ciclorutas y elementos de segregación, además se analizaron y seleccionaron los criterios de decisión que proporcionan las normativas extranjeras y nacionales.

Etapa 3- Propuesta de marco metodológico: Con los criterios y las variables influyentes basados en las mejores prácticas en el ámbito nacional e internacional identificados, se procedió a generar un esquema para la identificación del tipo de solución para una cicloruta con su respectivo elemento de segregación.

Etapa 4- Aplicación en cicloruta proyectada y en cicloruta existente: para la aplicación de la metodología propuesta se seleccionó el tramo de la carretera Cabrero-Monte Águila y el tramo de la carretera San Pedro de la Paz-Coronel, identificando las variables en el tramo en estudio, seleccionando los criterios para luego aplicar la metodología de identificación y selección, verificando la continuidad y el cumplimiento de los criterios propuestos.

Etapa 5- Recomendaciones finales: luego de realizar la aplicación y ajustar la metodología se realizaron conclusiones y recomendaciones de la aplicación de la metodología en Chile.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se presenta una descripción de los tipos de ciclorutas, además de diversos estudios relacionados con el tema. Finalmente se expone un resumen de la normativa nacional e internacional que se ha considerado para realizar el presente estudio.

3.1 Tipos de ciclorutas

El termino ciclorutas es el nombre común que reciben las instalaciones para la circulación de las bicicletas entre un origen y destino compuesta por cicloavía, ciclobandas y/o ciclocalles.

El emplazamiento de una cicloruta debe considerar la infraestructura necesaria, ya sea vías y estacionamientos, y la señalización adecuada que regule la circulación, advierta peligros y sea guía para los usuarios.

Las ciclorutas se pueden clasificar como:

- **Cicloavía:** vía destinada al uso exclusivo de bicicletas de una o más pistas, que se encuentra segregada físicamente del tránsito de vehículos motorizados. En el caso de estar sobre la acera la segregación será ejecutada a través de separadores o bandas verdes.
- **Ciclobanda:** franja de una o más pistas adyacentes a calzadas o aceras, segregada del tránsito vehicular o peatonal sólo por demarcación.
- **Ciclocalle:** vía convencional o peatonal donde circulan los ciclistas junto a otros vehículos motorizados, y/o peatones, cuya velocidad máxima permitida no excede los 30 km/h.

Como se mencionó, es necesario la utilización de elementos de segregación que permitan independizar la cicloruta del tráfico vehicular motorizado y así lograr una mayor seguridad.

3.2 Estudios realizados

Muchos autores coinciden en el aumento de las emisiones al medio ambiente provenientes de automóviles, además de la congestión provocada por éstos. Una de las alternativas propuestas por cada uno de ellos es fomentar el uso de la bicicleta como medio de transporte. Sin embargo, aún no se encuentran totalmente desarrollados los espacios adecuados para su circulación, provocando inseguridad e incomodidad en los ciclistas.

Como motivación del uso de bicicleta, Pinheiro (2011) destaca que la instalación de ciclorutas motiva a la comunidad a crear nuevos y mejores hábitos en el tráfico. SHIMANO (2006), mencionan que el ciclismo contribuye a la planificación ambiental, a flujos de tránsito eficientes, a una mejor calidad urbana y salud pública.

Pinheiro (2011), no apoya la instalación de ciclorutas en vías de alta velocidad, puesto que explica que una alternativa de instalación por callejones de los barrios permite crear un mundo más humano y colectivo. Lo anterior es apreciable en países europeos, por ejemplo, en el trayecto desde Lisboa a Moscú las ciclorutas rara vez se acercan a vías de alta velocidad, lo que según Pinheiro (2011), promueve una mayor convivencia entre las personas del barrio. Hace referencia a los Países Bajos y Dinamarca, quienes dan uso a la bicicleta como un ejemplo de civilidad y respeto por el medio ambiente.

En cuanto a la planificación y construcción de una buena infraestructura para bicicletas, Ammon et al., (2009), señalan que ésta debe ser atractiva, íntegra (en cuanto a la conexión origen-destino), lineal (sin grandes desviaciones ni demoras), segura y cómoda. Además dan a conocer un método que se utiliza al momento de planificar la construcción de una cicloruta, conocido como planificación participativa, proveniente de Holanda y aplicado en ciudades de América Latina, Asia y África.

Su principal característica es la participación de los involucrados en el uso y desarrollo de la cicloruta, siendo sus principales participantes: expertos gubernamentales (sector de transporte y tránsito), líderes comunitarios de las zonas afectadas del proyecto, representantes de organizaciones de lucha por peatones, ciclistas y discapacitados, consultores y profesionales técnicos. La ventaja de este método es reunir todas las inquietudes de los involucrados para entregar un proyecto final completo y aceptado por la comunidad.

Da Rosa (2011), comenta que los desplazamientos a pie y en bicicleta son las formas de transporte más frágiles y vulnerables. Sin embargo, lo anterior puede ser minimizado con un

proyecto de carretera en buen estado. A pesar de esto, Pinheiro (2011) explica que en algunos países se prefiere instalar en conjunto con la calzada vehicular puesto que presenta un costo menor al hecho de construirla por separado.

Da Rosa (2010), hace referencia a tres tipos de espacios para cicloruta. La primera, conocida como espacio compartido, en donde las bicicletas comparten el espacio con vehículos motorizados. Utilizadas en sectores de bajo volumen de tráfico y velocidades menores a 60 km/h. Sin embargo, destaca que el límite de velocidad debiese estar por debajo de 30 km/h, como lo es en Europa, ya que accidentes en los que las velocidades son de 45 km/h ya son mortales para ciclistas y peatones.

Otro tipo de espacio son las vías parcialmente segregadas. Éstas son bandas en la vía, limitadas sólo por demarcación o señalización sin utilización de obstáculos físicos. En este tipo de segregación, AASHTO (1999) recomienda que las pistas de las ciclorutas sean unidireccionales para evitar que los ciclistas viajen contrario al flujo vehicular. Da Rosa (2010), además agrega que la pista de la cicloruta debiese estar segregada de la calzada vehicular por dos líneas de demarcación paralelas, con líneas diagonales entre ellas, además de tachas reflexivas con un ancho mínimos de 0,4 m.

Otra recomendación que entrega Da Rosa (2010), es que en lugares en donde los vehículos se mantengan estacionados más tiempo, como sectores residenciales, la cicloruta pase entre la calzada y el sector destinado a estacionar vehículos, con el fin de evitar que éstos se estacionen sobre la cicloruta.

Finalmente, Da Rosa (2010) explica el espacio para ciclistas, conocido como espacio totalmente segregado. Este espacio es completamente segregado del tránsito vehicular para el uso de peatones y ciclistas a través de elementos físicos como muretes o bordillos. Este tipo de segregación mejora la seguridad, el confort y aumenta el nivel de servicio experimentado por los ciclistas, lo que fomenta el uso de bicicleta. Este tipo de cicloruta es recomendable en tramos largos, puesto que se requiere de una importante intervención.

Por otro lado, Servaas (2000), se refiere a los tipos de segregación de forma similar a Da Rosa, pero además, presenta un diagrama que indica cuando se debe pensar por una de las opciones anteriores (Figura 2).

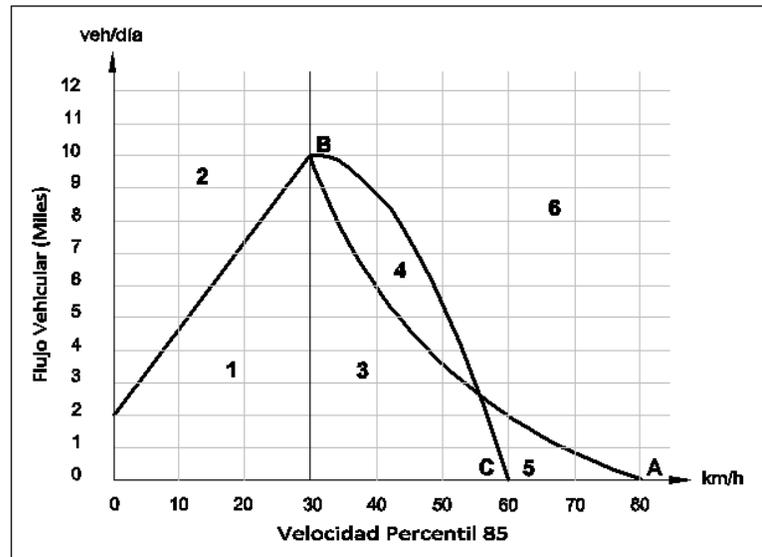


Figura 2. Diagrama para selección de tipo de ciclovía

Fuente: Servaas (2000).

Como se puede apreciar la decisión recae principalmente en el volumen y la velocidad de los vehículos que circulan por el sector. En la zona 1 no habría ninguna necesidad de intervención (volumen y velocidad bajos). Explica que condiciones como en la zona 2 casi nunca ocurren. Zonas como la 3, se encuentran dentro de límites razonables, por lo que cualquiera de las 3 opciones es válida, y que la decisión radicaría en aspectos financieros y características de la ruta. En la Zona 4, igualmente debiese ser una segregación parcial o total, cuya elección también depende de aspectos mencionados anteriormente. Por otro lado, la zona 6 presenta altos valores de velocidad y volumen, por lo que sería adecuada la segregación con elementos físicos. Finalmente la zona 5 acepta una ciclobanda, pero el volumen de bicicletas es tan bajo que un área mixta igualmente es adecuada.

Según lo anterior, Servaas (2000) explica que se debe considerar dos alternativas para lograr la satisfacción de los ciclistas. Una de ellas es construir la instalación que se recomienda en el diagrama anterior, o bien se podría disminuir la velocidad y volúmenes a niveles aceptables. Lo anterior, bajo criterios de costos de construcción y teniendo en consideración la función de la vía.

Da Rosa (2010), explica que en inclinaciones superiores a 3% o 5%, se requiere de un ancho superior al ancho mínimo para que el ciclista pueda mantener el equilibrio.

Por otro lado, también influyen en el ancho efectivo la fuerza ejercida por un vehículo pesado, puesto que dependiendo de la velocidad que éste presente, puede provocar una fuerza aerodinámica suficiente para derribar al ciclista.

Cuando la velocidad del vehículo supera el límite de tolerancia (Figura 3), se debe considerar una separación extra entre el tráfico vehicular y el de los ciclistas. En caso de no existir posibilidades de reducir dicha fuerza aerodinámica, se recomienda buscar otra alternativa para el emplazamiento de la cicloruta.

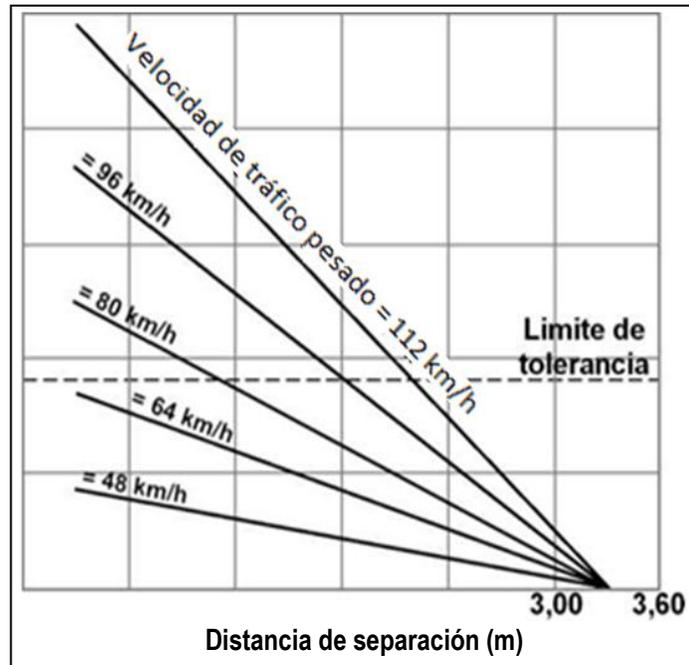


Figura 3. Diagrama para selección de separación extra entre tráfico vehicular y ciclistas

Fuente: Estados Unidos de América (1979) pág. 26, a través de Da Rosa (2010).

En el ámbito de seguridad, la dificultad en la atracción de los usuarios para el uso de la bicicleta está relacionada con la sensación de inseguridad de la infraestructura (Da Rosa, 2011). Según SHIMANO (2006), en Londres, el 67% de la población dice que usaría una cicloruta con más frecuencia si la infraestructura cumpliera con las condiciones adecuadas.

La velocidad es un medio eficaz para reducir la tasa de siniestralidad en carreteras, ya que estudios indican que una reducción de velocidad de 60 km/h a 50 km/h, puede reducir una tasa de mortalidad de 25%, a una de 20%. Es por esto que es recomendable llevar a cabo medidas que controlen el comportamiento de la velocidad de los conductores, a través de infraestructuras como reductores de velocidad, señalización, etc. (Servaas, 2000).

En Porto alegre, por ejemplo, los ciclistas realizan sus desplazamientos en vías urbanas, compartiendo espacio con los vehículos, debido a la falta de infraestructura adecuada para transitar en bicicleta. (Lemes, 2011).

De acuerdo con el Organización Mundial de la Salud, los accidentes de tránsito son la segunda causa principal de muertes prematuras en los países en desarrollo. En ellos, la gran mayoría de las víctimas de accidentes de tránsito son peatones y ciclistas, aunque con mayores ventas de motocicletas ahora son cada vez más las víctimas (SHIMANO, 2006).

Además, algunos inconvenientes que presenta el uso de bicicleta, según Da Rosa (2010), es la falta de lugares apropiados para estacionamiento, lo que aumenta la posibilidad de robos. Otro inconveniente es la ausencia de iluminación en las noches que causa sensación de inseguridad, desmotivando a las personas a usar la bicicleta como medio de transporte.

3.3 Normativa nacional e internacional en la selección del tipo de cicloruta

Las Normativas seleccionadas para su análisis son:

- Manual de Carreteras Volumen 6 (MCV-6), 2012, Chile (Anexo A).
- Design Manual for Bicycle Traffic, capítulos 5 y 7, 2011, Holanda (Anexo B).
- London Cycling Design Standards, capítulo 4, 2005, Londres (Anexo C).
- National Cycle Manual, 2011, Irlanda (Anexo D).
- Guide to Traffic Engineering Practice Bicycles-Capitulo14, 1999, Australia (Anexo E).

En Anexo F se presenta un resumen en donde se expone, para cada normativa analizada, los criterios que influyen en la decisión del tipo de solución de cicloruta.

3.4 Identificación de variables influyentes

De la revisión de las diferentes normativas se identificaron las principales variables que influyen en la solución del tipo de segregación para los ciclistas. Éstas se describen a continuación:

3.4.1 Volumen de vehículos motorizados

El volumen de vehículos motorizados, según HCM (2010) es generalmente expresado en vehículos por hora bajo las condiciones prevalecientes en la vía. Sin embargo, el indicador de tránsito más frecuente que se utiliza mundialmente en estudios de carreteras es el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), que representa, para un sector de la vía, el promedio aritmético de

volúmenes diarios para todos los días del año, según MCV-3 (2012). En el Manual de Carreteras, es una de las variables que controla la categoría de la solución vial a proyectar.

3.4.2 Velocidad percentil 85 (V85%)

Esta velocidad, según MCV-3 (2012) es aquella no superada por el 85% de los usuarios en un tramo homogéneo, bajo condiciones de tránsito prevaleciente. El percentil 85 de la distribución de velocidades se puede considerar como el valor estadístico más relevante desde el punto de vista de la seguridad vial.

3.4.3 Intensidad de flujo de ciclistas

La intensidad de flujo de ciclistas (b/h), es uno de los parámetros que permite evaluar la necesidad de una cicloruta. Sin demanda de bicicletas, no es factible una pista para la circulación de éstas. Esta variable es utilizada por la mayoría de las normativas para decidir el ancho que tendrá la pista de circulación de los ciclistas.

3.4.4 Intensidad de flujo peatonal

Es importante evaluar la actividad peatonal en conjunto con los posibles puntos de conflicto que tendría con el ciclista a lo largo de la ruta. Los peatones son los más vulnerables a todos los usuarios de una vía. Es por ello que es importante conocer la intensidad de flujo peatonal (p/h) para tomar la decisión (según criterios normativos) de la posible combinación con ciclistas.

4. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DE TIPO DE CLICORRUTA.

En este capítulo se propone un procedimiento para la selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas, basada en lo expuesto en el MCV-6 pero complementado con criterios normativos internacionales revisados en el capítulo anterior.

Ésta metodología, comienza determinando la intensidad de flujo de ciclista, para conocer la demanda de éstos en la cicloruta a emplazar. Posteriormente, se analizan las condiciones del lugar para determinar si existe espacio necesario para un adecuado tránsito de ciclistas fuera de la calzada vehicular con el fin de brindarles mayor seguridad. Lo anterior lo permiten sectores con parques, aceras peatonales amplias o presencia de medianas anchas. En caso de cumplirse los criterios que permiten emplazar la cicloruta por dichos sectores, se determinará el tipo de segregación que tendrá respecto de los peatones, según la intensidad de flujo de éstos.

Si la alternativa de proyectar la cicloruta fuera de la calzada vehicular no es factible, se deben analizar las variables influyentes en la proyección de la cicloruta dentro de la calzada. En donde se entrega el tipo de solución y segregación a utilizar según variables presentes en el procedimiento. En caso de que el ancho de la pista no cumpla con el ancho mínimo estipulado, la cicloruta como tal no será factible y se deberán analizar otras alternativas.

El procedimiento descrito anteriormente se expone en la Figura 4, en donde se muestran las sub-etapas que permiten entregar como resultado los tipos de ciclorutas con sus respectivos elementos de segregación a utilizar.

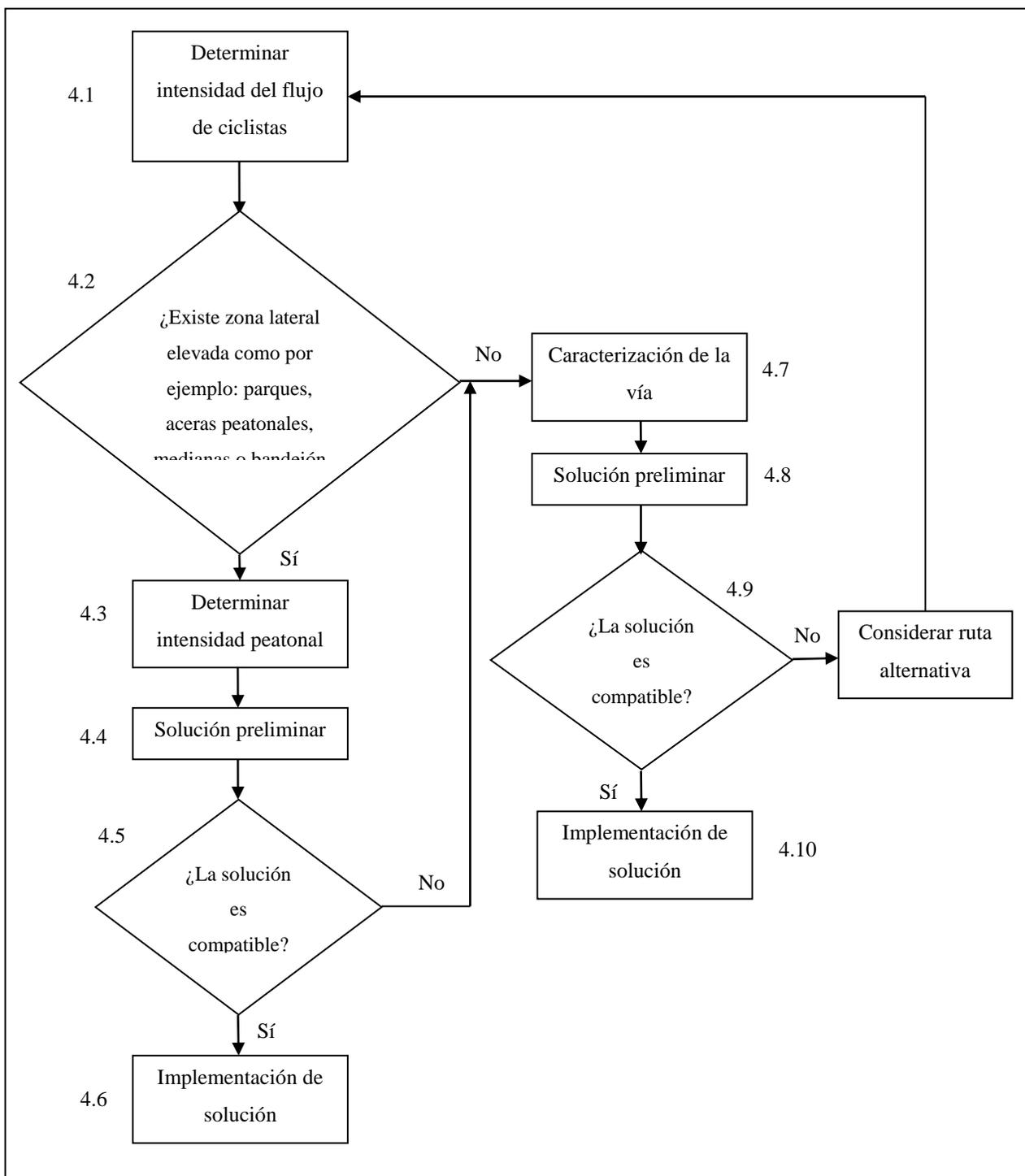


Figura 4. Procedimiento para la selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas.

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Determinar intensidad del flujo de ciclistas

Se debe obtener el flujo de ciclistas (b/h) que circulan por el sector en estudio, a través de campañas de medición directa. El MCV-6 recomienda realizar mediciones en distintos puntos de la zona, a los menos 3 puntos por tramos homogéneo. Éstas se realizan en días laborales y fines de semana, debiéndose utilizar el mayor valor obtenido en un horario entre las 07 y 19 hrs.

Con los datos obtenidos, el resultado se deberá comparar con la clasificación que se muestra a continuación:

Tabla 1. Clasificación de Nivel para Flujo de Ciclistas

Nivel de flujo	Flujo de ciclistas (b/h)
Bajo	≤ 10
Medio	11 - 20
Alto	≥ 21

Fuente: MCV-6.

Nota: Valores coherentes con revisión bibliográfica.

4.2 ¿Existe zona lateral elevada como por ejemplo: parques, aceras peatonales, medianas o bandejón amplios?

Se debe verificar la presencia de espacios elevados fuera de la calzada vehicular, como por ejemplo parques, aceras peatonales en caso de tener un ancho adecuado, bandejón o mediana, que permita proyectar la cicloruta con diferencia de nivel respecto de la calzada vehicular en caso de existir y que estos sean amplios. Si no existe la presencia de estos elementos se debe ir al punto 4.7.

4.3 Determinar intensidad del flujo peatonal

Para definir el tipo de separación ciclista-peatón, es necesario conocer la cantidad de peatones que circulan por el sector. Es por ello, que se determina el flujo de peatones (p/h) a través de campañas de medición directa.

Con los datos obtenidos, el resultado se compara con la clasificación que se muestra a continuación:

Tabla 2. Clasificación de Nivel para Flujo de Peatones

Nivel de Flujo	Flujo de Peatones (p/h)
Bajo	≤ 10
Medio	11 - 20
Alto	≥ 21

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Valores coherentes con revisión bibliográfica.

La elaboración de la Tabla 2 se basa en lo expuesto en el MCV-6 respecto de la clasificación de nivel para flujo de ciclista. Se consideran lo mismos niveles de peatones como de ciclistas, ya que estos poseen masas y velocidades similares.

4.4 Solución preliminar

Con los datos obtenidos en las mediciones de ciclistas y peatones, a partir de la Tabla 3 se obtiene una solución preliminar para la combinación ciclista-peatón, que puede ser: área mixta, ciclobanda o cicloavía.

Tabla 3. Solución Preliminar para la Combinación Ciclista-Peatón

Flujo de Peatones	Flujo de Ciclistas	Tipo de Solución
Bajo	Bajo	1
Bajo	Medio	2
Bajo	Alto	2
Medio	Bajo	2
Medio	Medio	2
Medio	Alto	3
Alto	Bajo	3
Alto	Medio	3
Alto	Alto	3

Nota: Tipo de solución 1: área mixta; 2: ciclobanda; 3: cicloavía

Fuente: Elaboración propia.

4.5 ¿La solución es compatible?

De la Tabla 4, se obtiene el ancho mínimo necesario para el emplazamiento de la solución entregada en el ítem anterior. En caso de que la solución sea compatible con el ancho disponible en la zona de estudio, se plantean recomendaciones para su implementación. De lo contrario se analiza la opción de emplazar la cicloruta por la calzada (ver punto 4.7).

Tabla 4. Ancho Mínimo Necesario para Solución Preliminar

	Área Mixta	Ciclobanda		Ciclovías		
		Peatón	Ciclista	Peatón	Área Verde	Ciclista
Ancho mínimo aceptable (metros)	3,0	1,2	2,0	1,2	0,5	2,0
Ancho total (metros)	3,0	3,2		3,7		

Fuente: Elaboración propia

Notas:

1. Estos anchos son recomendados quedando a disposición del diseñador, quien deberá asumir las condiciones del sector (topografía, disponibilidad de espacio, etc.).
2. Idealmente, si la topografía lo permite, considerar que en la ciclovías el peatón quede a desnivel con el ciclista.

4.6 Implementación de solución

Luego de comprobar que la solución es compatible con el ancho de faja disponible, se sugiere un diseño de la solución preliminar.

- Área Mixta: Combina el flujo de peatones y ciclistas. Generalmente se utiliza adocreto para su pavimentación.
- Ciclobanda: Segrega ciclistas de peatones a través de una simple demarcación que indica la senda de cada uno, lo que se puede complementar con pavimento de diferentes colores. Se debe utilizar el Manual de Señalización de Tránsito (MST) Capítulo 6, para asegurar el correcto empleo de éstas vías.
- Ciclovías: Separa a los ciclistas de los peatones mediante un área verde emplazada entre ambas vías. Idealmente éstas debiesen tener una diferencia de altura para que se respete la exclusividad del empleo por parte de los usuarios. Además, se debe utilizar el MST, Capítulo 6, para entregar reglamentaciones y advertencias a los ciclistas.

4.7 Caracterización de la vía

En este caso no existe zona lateral elevada de la calzada vehicular descrita en el punto 4.2, por lo que el análisis considera el espacio lateral disponible como bermas, sobreamanchos, despeje lateral, etc.

Para conocer el funcionamiento actual de la vía, es necesario identificar el volumen de tránsito y la velocidad de los vehículos motorizados presentes en la zona de estudio, lo cual permitirá definir el tipo de segregación a utilizar entre ciclistas y vehículos. Para ello es necesario determinar:

a) Volumen de tránsito

Se determina de acuerdo al TMDA proyectado al año de puesta en servicio o al momento de realizar la evaluación. Esto se puede obtener por mediciones directas o por datos históricos, como por ejemplo el Plan Nacional de Censo de Vialidad que contiene dichos antecedentes.

b) Velocidad de vehículos motorizados

Se considera la velocidad percentil 85 (V85%) como representativo de la vía. La cual se determina a través de una muestra de velocidades de la vía, ordenándolas de menor a mayor donde posteriormente se sacará el 85% del número de las velocidades tomadas para obtener la V85%.

4.8 Solución preliminar

Con los datos obtenidos de volumen y velocidad de tránsito de vehículos motorizados, a partir de la Figura 5 (detalles en Anexo G) se obtiene una solución preliminar para la combinación ciclista-vehículo, la cual puede ser: ciclocalle, ciclobanda o ciclovía.

En caso de que la solución preliminar de ciclobanda/ciclovía la decisión recaerá en el diseñador, dependiendo de lo que se requiera en la zona de estudio y las condiciones de estas.

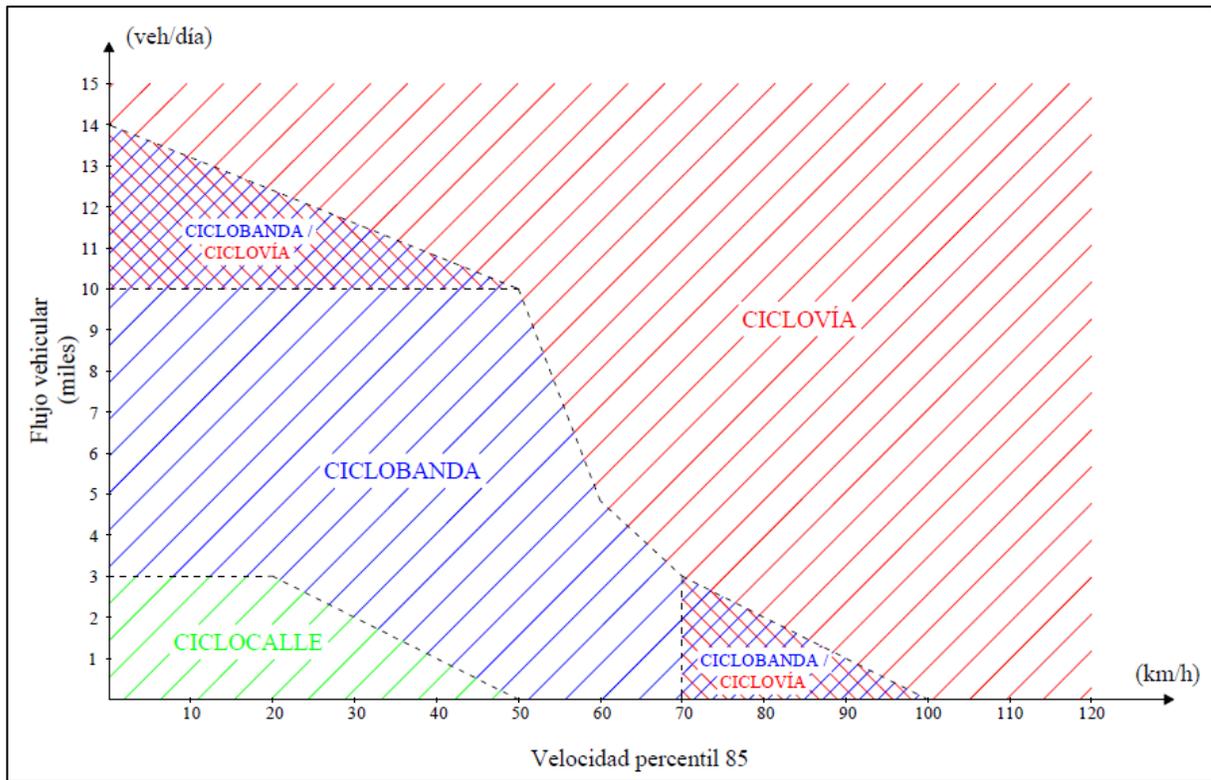


Figura 5. Solución preliminar para la combinación ciclista-vehículo

Fuente: Elaboración propia basado en revisión bibliográfica.

4.9 ¿La solución es compatible?

La Tabla 5 entrega el ancho mínimo necesario para instalar el tipo de solución a un costado de la calzada vehicular. Es necesario comprobar en terreno el espacio disponible adjunto a la calzada para que dicha instalación cumpla con el ancho estipulado. En caso de que la solución sea compatible con el ancho disponible en la zona de estudio, se plantean recomendaciones para su implementación. De lo contrario se debe considerar una ruta alternativa y comenzar nuevamente el análisis.

Tabla 5. Ancho Mínimo para Solución Adjunta a Calzada Vehicular

	Ciclobanda		Ciclovía	
	$I_b \leq 15$ b/h	$I_b > 15$ b/h	$I_b \leq 15$ b/h	$I_b > 15$ b/h
Ancho mínimo (m)	1,5	2,0	2,0	2,5

Fuente: Elaboración propia

Para vías con velocidades mayor o igual a los 60 km/h se debe considerar un espacio extra en la segregación, conocido como franja de seguridad, para que los ciclistas no se vean afectados por la fuerza aerodinámica provocada por los vehículos.

A los anchos entregados en la Tabla 5 se adiciona esta franja de seguridad que variará según la velocidad de proyecto como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Distancia Mínima entre Calzada y Vía de Ciclistas

Velocidad de proyecto (km/h)	Franja de seguridad (m)
60	1,0
70	1,7
80	2,0
90	2,2
100	2,5

Fuente: Elaboración propia.

4.10 Implementación de solución

En este ítem, después de comprobar que la solución es compatible con el espacio disponible adjunto a la calzada vehicular, se sugiere un diseño de la solución preliminar.

- Ciclocalle: Ciclistas y vehículos motorizados comparten calzada vehicular sin intervención en el diseño.
- Ciclobanda: Segrega a ciclistas de vehículos motorizados a través de una demarcación que indica la vía de cada usuario, lo que se puede complementar con tachas y/o tachones. Se debe utilizar el MST, Capítulo 6, para asegurar el correcto empleo de éstas vías.
- Ciclovías: Segrega a ciclistas de vehículos motorizados, mediante un elemento segregador que se describe en la Tabla 7, complementado con el uso de tachas, demarcación y/o tachones reflectantes, cuya decisión recaerá en el diseñador. Se debe utilizar el MST, Capítulo 6, para entregar reglamentaciones y advertencias a ambos usuarios.

Tabla 7. Descripción de Elementos Segregadores

Elemento segregador	Función	Consideraciones
Bolardo	Excluir al flujo motorizado	- Incomodidad en ciclista ya que se restringe ancho
		- Plegable o removible para acceso de vehículos (bomberos, mantención, etc.)
		- Utilizar en zonas concurridas (establecimientos educacionales, etc.)
Bandejón	Entrega seguridad a los ciclistas ya que los separa del flujo de vehículos motorizados	- Escoger altura que evite que el pedal golpee con bandejón
		- Es uno de los elementos segregadores más seguros
		- Complementar su uso con demarcación y tachas
Solera	Previene el ingreso de vehículos a la cicloruta, además funciona como guía para el ciclista	- No utilizar en ciclovías angostas, debido al temor de los ciclistas de colisionar con estas
		- Considerar altura adecuada para prevenir accidentes al golpear con pedales
		- Complementar su uso con demarcación y tachas
		- Su proyección debe ser fuera de ciclovía para no reducir el ancho de estas
Vegetación	Segrega al ciclista del flujo vehicular a través de áreas verdes	- Mejora el entorno del ciclista para que este se sienta integrado
		- Considerar sustituir por franja de seguridad
		- Estimar altura de la vegetación para que los ciclistas no queden fuera del campo de visión de los vehículos

Fuente: Elaboración propia

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

5.1 Aplicación de la metodología Ruta O-60 Cabreo-Monte Águila

La aplicación de la metodología propuesta se realizó en la Ruta O-60, tramo comprendido entre Cabrero y Monte Águila, Región del Bío-Bío. La Figura 6 muestra la zona de estudio donde se emplazará la cicloruta, observándose que la ruta posee un tramo recto, en una longitud de 5,5 km.



Figura 6. Zona de estudio, Ruta O-60, tramo Cabrero-Monte Águila.

(4.1) Intensidad flujo ciclista (ver Anexo H)

Ib= 16 (b/h).

(4.2) ¿Existe zona lateral elevada como por ejemplo: parques, aceras peatonales anchas, mediana o bandejón amplios?

No existe la presencia de parques, aceras peatonales anchas, medianas o bandejón amplios.

(4.7) Caracterización de la vía

a) Volumen de tránsito (ver Anexo H)

TMDA₂₀₁₃= 4.318 (veh/día) Cabrero-Monte Águila.

b) Velocidad de vehículos motorizados (ver Anexo H)

V_{85%}= 96 (km/h).

(4.8) Solución preliminar

Del gráfico de la Figura 5 se obtiene que el tipo de cicloruta a emplazar en Ruta 0-60 es cicloavía como solución preliminar.

(4.9) ¿Solución es compatible?

Mediante la topografía proporcionada por la Consultora MSTD (ver Anexo H) se determinó un ancho de faja disponible que varía de 4,5 a 6,4 metros por el sector oriente de la ruta. Para la aplicación de la metodología se utilizó el ancho más desfavorable que corresponde a 4,5 m.

De la Tabla 1, con un flujo de ciclista de 16 (b/h), se determinó que el ancho de la cicloavía debe ser de 2,5.

La Ruta O-60 presenta una velocidad de proyecto de 80 (km/h), lo que implica adicionar un ancho de franja de seguridad de 2,0 metros.

Finalmente la solución es compatible, ya que el ancho necesario para proyectar la cicloavía con un total de 4,5 metros se encuentra disponible en la zona de estudio.

(4.10) Implementación de solución

Se recomienda finalmente el emplazamiento en la zona de estudio de una cicloavía con las siguientes características:

- 2,5 m de ancho
- 2,0 m de franja de seguridad
- Elemento segregador: solera tipo A con pintura retroreflectantes, demarcación y tachas

Lo anterior complementado con el Manual de Señalización de Tránsito.

5.2 Aplicación de la metodología Ruta 160 San Pedro de la Paz-Coronel

La aplicación de la metodología propuesta se realizó en la Ruta 160, específicamente entre el acceso sur de San Pedro de la Paz (Candelaria) y el acceso a Boca Sur, Región del Bío-Bío. La Figura 7 muestra la zona de estudio donde se emplazará la cicloruta, observándose la existencia de una cicloavía al lado Oriente de la calzada vehicular, bidireccional, con ancho de 2,1 metros, segregada con solera tipo A intercaladas.



Figura 7. Zona de estudio, Ruta 160, tramo Candelaria-Boca Sur.

(4.1) Intensidad flujo ciclista (ver Anexo I)

$I_b = 86$ (b/h).

(4.2) ¿Existe zona lateral elevada como por ejemplo: parques, aceras peatonales anchas, mediana o bandejón amplios?

No existe la presencia de parques, aceras anchas, medianas o bandejón amplios.

(4.7) Caracterización de la vía

a) Volumen de tránsito (ver Anexo I)

$TMDA_{2013} = 33.305$ (veh/día) Concepción-Lota.

b) Velocidad de vehículos motorizados (ver Anexo I)

$V_{85\%} = 76$ (km/h)

(4.8) Solución preliminar

Del gráfico de la Figura 5 se obtiene que el tipo de cicloruta a emplazar en Ruta 160 es ciclovía como solución preliminar.

(4.9) ¿Solución es compatible?

Mediante los anchos medidos en la zona de estudio (ver Anexo I) se determinó que el ancho de faja disponible que varía de 9,9 a 15,1 metros por el sector oriente de la ruta. Para la aplicación de la metodología se utilizó el ancho más desfavorable que corresponde a 9,9 m.

Luego de la Tabla 1 con un flujo de ciclista de 86 (b/h) se determinó que el ancho de la ciclovía debe ser de 2,5 metros.

La Ruta 160 presenta una velocidad de proyecto de 70 (km/h) lo que implica adicionar un ancho de franja de seguridad de 1,7 metros.

Finalmente la solución es compatible, ya que el ancho necesario para proyectar la ciclovía con un total de 4,2 metros se encuentra disponible en la zona de estudio.

(4.10) Implementación de solución

Se recomienda finalmente el emplazamiento en la zona de estudio de una ciclovía con las siguientes características:

- 2,5 m de ancho
- 1,7 m de franja de seguridad
- Elemento segregador: solera tipo A con pintura retroreflectantes, demarcación y tachas.

Lo anterior complementado con el Manual Señalización de Tránsito.

De la ciclovía existente en la Ruta 160, esta se encuentra adjunta a la calzada vehicular sin franja de seguridad por lo que debería contar con un espacio entre ciclovía y calzada considerando la velocidad de proyecto que tiene la ruta. También se debe implementar anchos de pista adecuados por la cantidad de ciclistas que circulan y además de una buena demarcación de la pistas. Se observa que esta ciclovía cuenta con solera tipo A como elemento segregador, pero se debería agregar demarcación con pintura retroreflectante y tachas.

A la vez se debería realizar un mantenimiento constantemente ya que actualmente la ciclovía se encuentra con basura, arena, entre otras cosas, lo que impide una buena circulación de los ciclistas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En esta investigación se ha propuesto una metodología para la selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas, en base a la experiencia internacional y a lo establecido en el MCV-6. La ventaja de esta metodología es que propone una secuencia ordenada de pasos para la selección del tipo de cicloruta con el objetivo de segregar a los ciclistas tanto de peatones como de vehículos motorizados. Tras la elaboración y aplicación de la metodología propuesta se destacan las siguientes conclusiones:

Las principales variables que influyen en la selección del tipo de cicloruta a utilizar son: intensidad del flujo de ciclistas, intensidad de flujo peatonal, volumen de vehículos motorizados, velocidad Percentil 85.

Las normativas analizadas presentan procedimientos similares para la selección del tipo de cicloruta. Algunas entregan la información a través de gráficos y otras de forma tabulada, diferenciándose en cada una de ellas los umbrales de las variables involucradas.

Actualmente el MCV-6, al momento de seleccionar el tipo de cicloruta utiliza la velocidad de proyecto de la zona de estudio, diferenciándose de las normativas internacionales que emplean la velocidad percentil 85. La utilización de la velocidad de proyecto es considerado desfavorable ya que no representa la velocidad real del flujo vehicular que circula por el tramo en estudio, en tanto la V85% caracteriza de mejor forma la velocidad de los vehículos, además de ser considerada como el valor más relevante desde el punto de vista de seguridad vial.

Respecto al ancho de pista de la cicloruta, en Chile el espacio entregado para la circulación de los ciclistas es menor que lo recomendado en otros países. Es importante considerar un ancho adecuado para proporcionar seguridad, libertad para maniobrar y comodidad a los ciclistas.

Tanto en MCV-6, como en las normativas extranjeras se señala el empleo de una franja de seguridad adicional al ancho de la cicloruta, para dar mayor seguridad a los ciclistas que circulan por caminos de alta velocidad.

En Chile, no se cuenta con un manual exclusivo para el diseño de ciclorutas, basándose sólo por recomendaciones expuestas en el MCV-6, diferenciándose de las normativas extranjeras que sí cuentan con manuales especializados para el diseño de las ciclorutas. Esta situación refleja que actualmente en otros países la bicicleta se considere como un medio de transporte más, lo que la hace más íntegra, cómoda y segura.

Se elaboró una tabla que resume los criterios de selección del tipo de cicloruta según normativas analizadas, la que permitió el desarrollo de la metodología a través de una comparación de los

valores umbrales de los criterios expuestos, teniendo en cuenta también las consideraciones y recomendaciones entregadas por ella.

A diferencia del MCV-6, la metodología propuesta en esta investigación para la selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas, considera un análisis tanto para la segregación ciclista-peatón como para ciclista-vehículo, entregando para ambas la solución a utilizar con sus respectivas recomendaciones. Se considera factible el emplazamiento de la cicloruta fuera de la calzada cuando exista la presencia de parques, aceras peatonales anchas, medias o bandejones amplios que cumplan con el ancho necesario para el emplazamiento de la cicloruta. De lo contrario, se analiza la opción de que la solución quede adjunta a la calzada vehicular, siempre y cuando se cumpla con el ancho propuesto. Si ambas opciones no son factibles se debe considerar una ruta alternativa.

Para el análisis de la segregación ciclista-peatón, se clasificaron los niveles (bajo, medio y alto) tanto para el flujo de ciclista como para el flujo de peatones basados en MCV-6. Posteriormente se obtiene la solución preliminar que depende de la combinación de los flujos mencionados. Además, dependiendo de ésta solución, se entrega como recomendación los anchos mínimos de la cicloruta, basados en normativas analizadas.

Para el análisis de la segregación ciclista-vehículo, se incorporó un gráfico para seleccionar el tipo de solución preliminar, cuyas variables de entrada son la velocidad y volumen de vehículos. Este gráfico no está incluido en MCV-6 por lo que se tuvo que basar en gráficos y tablas expuestas en las normativas internacionales, adecuándolo a la realidad nacional. Dicho análisis también entrega como recomendación los anchos mínimos de la cicloruta, basados en normativas analizadas. Respecto a los elementos segregadores, éstos se exponen, pero su utilización recaerá en la decisión del diseñador.

Primeramente, la metodología propuesta se aplicó en un tramo de la Ruta O-60, específicamente entre Cabrero y Monte Águila. Además se concluyó que es factible la implementación de una ciclovía en la zona de estudio, de 2,5 metros de ancho con una franja de seguridad de 2,0 metros. Posteriormente, se realizó la aplicación de la metodología propuesta en un tramo de la Ruta 160, específicamente entre San Pedro de la Paz y Coronel. En este caso se observó la existencia de una ciclovía de 2,1 metros de ancho, con elemento segregador solera tipo A intercalada. En esta situación se debe implementar anchos mayores de pista debido al alto flujo de ciclistas y de las V85% de los vehículos motorizados. Además, se logró visualizar que en esta ciclovía no contaba con la franja de seguridad recomendada por el MCV-6, por lo que se debería ser más restrictivo al momento de diseñar una cicloruta.

Finalmente, ambas aplicaciones validan la metodología propuesta para la selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas, ya que se comprueba que para altas velocidades y volúmenes vehiculares se deberá implementar como solución ciclovía con anchos adecuados debido al flujo de ciclista y franja de seguridad por la velocidad de proyecto de la ruta.

6.2 Recomendaciones

Para futuras aplicaciones y modificaciones de la metodología de selección del tipo de cicloruta en carreteras y vías suburbanas se proponen las siguientes recomendaciones:

- Utilizar esta metodología en la fase de diseño para disponer de parámetros cuantitativos que proporcionen seguridad y comodidad a los ciclistas al momento de transitar por la cicloruta.
- De lo analizado en la investigación se observó cómo puntos de conflicto entre ciclistas y vehículos motorizados, las intersecciones y puentes, por lo que se recomienda que para futuras investigaciones éstos se estudien con profundidad.
- Elaborar un manual de diseño de ciclorutas, incorporando la metodología propuesta para la selección del tipo de ciclorutas en carreteras y vías suburbanas. Logrando así considerar a la bicicleta como un medio de transporte más.

7. REFERENCIAS

Ammon, G., Wittink, R., Hulleman, R., Rijnsburger, J. (2009). A cooperação Países Baixos-Brasil com governos, universidade e sociedade civil: Atividades do programa de parcerias pela bicicleta no Brasil. Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

AUSTROADS (2000), Part 14: Bicycles, Guide to Traffic Engineering Practice, Australia.

Bianchi, Santana, J. (2006). Evaluación de Posible Ruta Ciclista y Peatonal que Conecte el Parque Central de San Juan con la Estación Universidad. Propuesta, Departamento de Ingeniería Civil & Ambiental, Universidad Politécnica de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico.

CONASET (2003), Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 6: Facilidades Explícitas para Peatones y Ciclistas, pp: 20-36, Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Chile.

CONASET, Ficha de Acción N°11: CICLOVÍAS, Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Chile. http://www.conaset.cl/conaset_web/documentos/fichas_accion_11.pdf . [Acceso el 28 de Noviembre de 2012.]

CROW (2011), Design Manual for Bicycle Traffic, Capítulos 5 y 7, versión en Español, Holanda.

Da Rosa, J. (2010). Ciclovias e Ciclofaixas: Critérios para localização e implantação. Tesis, Departamento de Engenharia da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Da Rosa, P. (2011). Integração entre modalidades de transporte no meio urbano: situação de Porto Alegre. Tesis, Departamento de Engenharia da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Elisségaray, P. (2009). Uso de la Bicicleta en la Región Metropolitana: Diagnóstico, Perspectivas y Desafíos. Tesis, Departamento de Sociología, Universidad de Chile, Chile.

Eltit, V. (2011). Transporte Urbano No Motorizado: El potencial de la bicicleta en la Ciudad de Temuco. Revista INVI N°72, Volumen N°26, pp:153-184.

- Espinoza, A. (2010). *Habilitación Red de Ciclovías, Comuna de San Pedro de la Paz*. Tesis, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Bío-bío, Concepción, Chile.
- Espinoza, C. (2009). *Habilitación Red de Ciclovías, Comuna de Concepción*. Tesis, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Bío-bío, Concepción, Chile.
- HCM (2010). *Highway Capacity Manual, Chapter 15: Two-Lane Highways*, Estados Unidos.
- Herlihy, D. (2004). *Bicycle: The History*. Yale University Press, New Haven, Connecticut, Estados Unidos.
- Lemes, D. (2011). *Sistemas Automáticos de Alquiler de Bicicletas: Viabilidade Físico-Econômica da Implantação na Cidade de Porto Alegre/rs*. Tesis, Departamento de Engenharia da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Mejías, A. (2012). *Caracterización de la velocidad deseada en rectas para carreteras de dos pistas*. Tesis, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-bío, Concepción, Chile.
- MOP (2012). *Seguridad Vial, Manual de Carreteras Volumen 6*, pp: 615-645, Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad, Chile.
- MSTD (2013). *Antecedentes Topográficos, Proyecto: Diseño Ciclovía Cabrero Monte Águila*. Consultoría Movilidad Sustentabilidad Transporte y Diseño, Concepción, Chile.
- NTA (2011), *National Cycle Manual*, National Transport Authority, Irlanda.
- Pinheiro, N. (2011). *Ciclovias nos países Luso e Afros e no Brasil*, XI Congreso Luso Afro Brasileiro de Ciências Sociais, Universidad Federal de Bahía, Salvador, Brasil.
- Servaas, M. (2000). *The Significance of Non-Motorised Transport for Developing Countries, Strategies for Policy Development*, Holanda.
- SHIMANO/ICE (2006), *Cycling a smart way of moving, Interface for Cycling Expertise*, Países Bajos.
- Suero, D. (2010). *Factibilidad del uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá*. Facultad de Ingeniería, Universidad Libre, Bogotá, Colombia.

TfL (2005). Chapter 4: Links – Cycle lanes, cycle tracks and other cycle facilities, London Cycling Design Standards, Transport for London, London.

ANEXOS

ÍNDICE GENERAL DE ANEXOS

ANEXO A: REVISIÓN MANUAL DE CARRETERAS VOLUMEN 6-2012, CHILE	37
A.1 Clasificación según flujo de bicicletas por hora	39
A.2 Clasificación según flujo de vehículos motorizados.....	39
A.3 Soluciones de tipos de ciclorutas (vel. vehículos < 50 km/h).....	39
A.4 Soluciones de tipos de ciclorutas (vel. vehículos > 50 km/h).....	43
ANEXO B: REVISIÓN DESING MANUAL FOR BICYCLE TRAFFIC-2011, HOLANDA.....	44
B.1 Secciones viales para zonas urbanas e interurbanas	45
B.1.1 Tráfico mixto.....	47
B.1.2 Ciclocalle.....	48
B.1.3 Ciclobanda.....	49
B.1.4 Ciclovías segregadas	50
B.1.5 Calle paralela.....	53
B.2 Soluciones para casos ciclista-peatón	53
B.3 Descripción de elementos de segregación.....	54
B.3.1 Bolardo	55
B.3.2 Franja angosta pavimentada entre ciclovía y calzada principal	56
B.3.3 Solera para ciclovías.....	58
ANEXO C: REVISIÓN LONDON CYCLING DESING STANDARDS-2005, LONDRES	60
C.1 Selección de tipo de solución.....	63
C.2 Anchos recomendados para tipos de soluciones	65

ANEXO D: REVISIÓN NATIONAL CYCLE MANUAL-2011, IRLANDA	66
D.1 Selección del tipo de solución.....	67
D.2 Selección del ancho para tipos de soluciones	72
ANEXO E: REVISIÓN GUIDE TO TRAFFIC ENGINEERING PRACTICE PART 14 - BIBYCLES-1999, AUSTRALIA	74
E.1 Diagrama de flujo n°1	77
E.2 Diagrama de flujo n°2	79
E.3 Diagrama de flujo n°3	84
ANEXO F: SÍNTESIS DE CRITERIOS NORMATIVOS	90
ANEXO G: GRÁFICO PARA SOLUCIÓN PRELIMINAR DE COMBINACIÓN CICLISTA-VEHÍCULO	96
ANEXO H: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA, RUTA O-60 CABRERO-MONTE ÁGUILA	99
H.1 Determinación de volumen de transito	100
H.2 Determinación de V85%	102
H.3 Determinación de intensidad de ciclista.....	104
H.4 Determinación de ancho disponible.....	107
ANEXO I: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA, RUTA 160 SAN PEDRO DE LA PAZ- CORONEL	111
I.1 Determinación de volumen de transito.....	112
I.2 Determinación de V85%	114
I.3 Determinación de intensidad de ciclista	116
I.4 Determinación de ancho disponible	118

ANEXO A:
REVISIÓN MANUAL DE CARRETERAS VOLÚMEN 6-2012,
CHILE.

ANEXO A: REVISIÓN MANUAL DE CARRTERES VOLÚMEN 6-2012, CHILE.

En Chile la selección del tipo de solución de una cicloruta con sus respectivos elementos de segregación está regulado por el “Manual de Carreteras Volumen 6” (MCV-6) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), en el que se presentan distintos tipos de soluciones de segregación para casos en que las ciclorutas estén adjuntas a la calzada de circulación de vehículos motorizados.

El proceso de selección del tipo de ciclorutas adjunta a la calzada vehicular con su respectivo elemento de segregación dependerán de los criterios más relevantes expuestos por el MCV-6 lo cuales son:

- Flujo de bicicletas en la zona propuesta (Tabla A1).
- Flujo de vehículos motorizados en la zona propuesta (Tabla A2).
- Velocidad del vehículo motorizado.

Cabe mencionar que en el MCV-6, se hace referencia a dos tipos de segregación, una a través de demarcación y otra producida con elementos físicos. Cada una de ellas consta de requisitos mínimos para su diseño, los cuales están definidos para una velocidad menor o igual a 50 km/h, las soluciones para una velocidad superior, se le aplicará un ancho de la franja de seguridad. En ambos tipos de segregaciones, el ancho variará según el flujo esperado de bicicletas. La cicloruta con demarcación (ciclobanda), tendrá un ancho mayor o igual a 1,5 m para flujo unidireccional, mientras que la cicloruta con elementos físicos (ciclovías), tendrá un ancho mínimo de 1,5 m y 2,4 m para flujo unidireccional y bidireccional respectivamente.

En el MCV-6, se señalan los elementos de seguridad que se deben considerar en el diseño de una cicloruta, entre los que se encuentran los elementos segregadores y canalizadores. Para ciclorutas adjuntas a la calzada vehicular, se proponen distintas soluciones con sus respectivos elementos de segregación. Estas soluciones de segregación dependerán del flujo de ciclistas y del flujo vehicular. Es necesario mencionar, que las alternativas de solución presentadas en el Manual de Carreteras están limitadas a una velocidad de 50 km/h. Lo anterior debido a que si la velocidad del tramo de intervención es superior a los 50 km/h se deberá considerar un ancho de faja adicional entre la calzada y la cicloruta para aumentar la seguridad del ciclista y evitar que éste se pueda volcar. Este ancho dependerá de la velocidad del tramo.

Los principales elementos de segregación que se utilizan en las soluciones propuestas por el MCV-6 son: demarcación, tachas, tachones, solera tipo A botada (con pintura blanca retrorreflectante) y bandejón (mínimo 0,50 m.).

Además de lo anterior, el MCV-6 especifica que si existen tramos peligrosos, como desniveles, curvas cerradas, etc. se deberán considerar sistemas de contención para prevenir accidentes en el ciclista.

A.1 Clasificación según flujo de bicicletas por hora

Se deberá realizar un análisis de flujo en la zona de estudio, posteriormente el resultado se deberá comparar con la clasificación de la Tabla A1.

Tabla A1. Clasificación Según Flujo de Bicicletas por Hora.

Nivel de Flujo	Flujo de Bicicletas (Nº de Bicicletas/hora)
Bajo	≤ 10
Medio	11 - 20
Alto	≥ 21

Fuente: MCV-6 (2012).

A.2 Clasificación según flujo de vehículos motorizados

El análisis de flujos de vehículos motorizados se realizará a través de una medición de flujos en la zona involucrada. Con los datos obtenidos se deberá comparar con la clasificación de la Tabla A2.

Tabla A2. Clasificación Según Flujo de Vehículos Motorizados.

Nivel de Flujo	Flujo de Vehículos (Nº de Vehículos/hora)
Bajo	< 100
Medio	101 - 300
Alto	> 301

Fuente: MCV-6 (2012).

A.3 Soluciones de tipos de ciclorutas (vel. vehículos < 50 km/h)

El análisis de los flujos tanto para bicicletas como de vehículos motorizados para la obtención del tipo de solución a utilizar y su elemento de segregación si es que fuese necesario debe

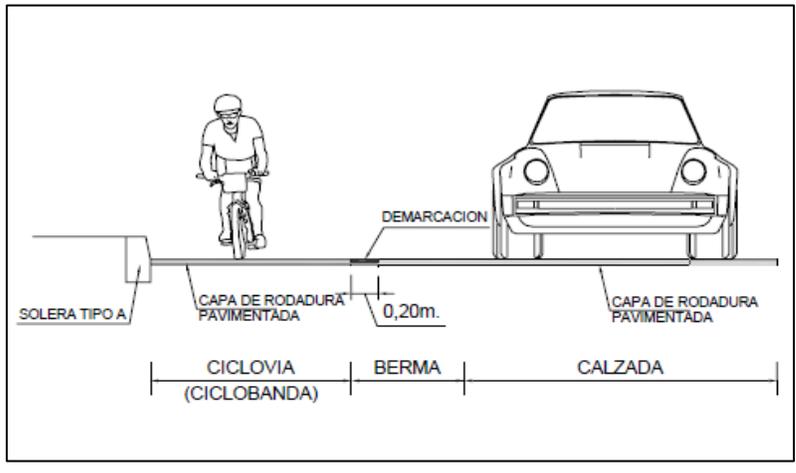
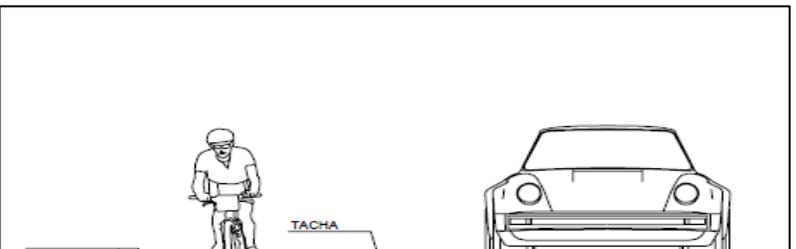
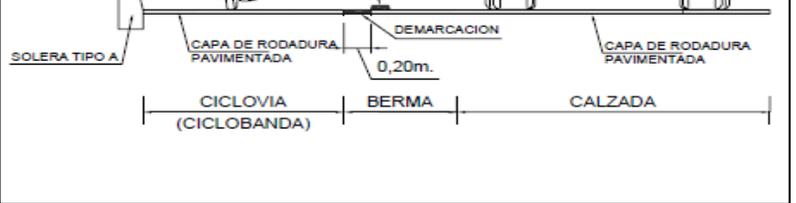
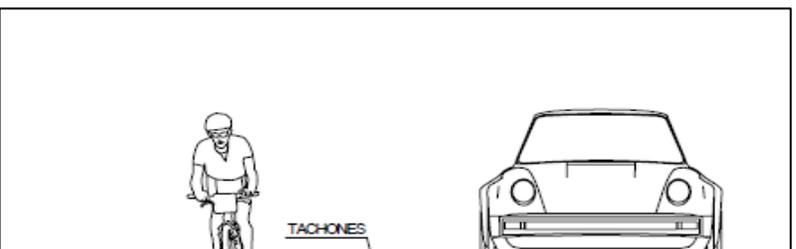
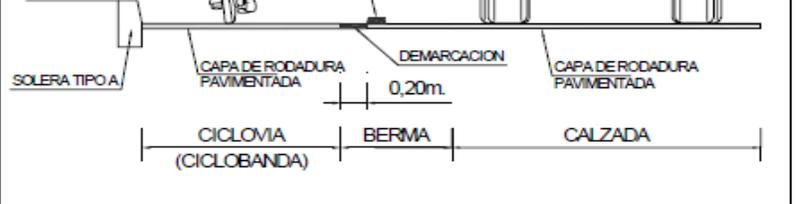
efectuarse a través de la Tabla A3 y Tabla A4. Teniendo en consideración que las soluciones presentes son para velocidades de proyecto menor o igual a 50 km/h.

Tabla A3. Alternativas de Solución para Franja de Delimitación de Cicloruta.

Velocidad de Proyecto \leq 50 km/h		
Flujo de Ciclistas	Flujo de Vehículos Motorizados	Tipo de Solución
Bajo	Bajo	1
Bajo	Medio	2
Bajo	Alto	3
Medio	Bajo	2
Medio	Medio	3
Medio	Alto	4
Alto	Bajo	4
Alto	Medio	5
Alto	Alto	5

Fuente: MCV-6 (2012).

Tabla A4. Soluciones Tipo de Segregación de Ciclorutas.

Solución tipo	Franja delimitación	Esquema
Tipo 1	Solo demarcación	 <p>The diagram shows a cross-section of a road with three main sections: a cycle lane (CICLOVIA (CICLOBANDA)), a curb (BERMA), and a roadway (CALZADA). The cycle lane and roadway are both paved with a 'CAPA DE RODADURA PAVIMENTADA'. A 'SOLERA TIPO A' is shown on the left. A 'DEMARCACION' line, 0,20m wide, separates the cycle lane from the curb. A cyclist is shown in the cycle lane, and a car is shown on the roadway.</p>
Tipo 2	1) Demarcación	 <p>This diagram is identical to the one for Type 1, showing a cyclist and a car on a road with pavement layers and a 0.20m demarcation line between the cycle lane and the curb.</p>
	2) Tachas	 <p>This diagram is identical to the one for Type 1, showing a cyclist and a car on a road with pavement layers and a 0.20m demarcation line between the cycle lane and the curb.</p>
Tipo 3	1) Demarcación	 <p>This diagram is identical to the one for Type 1, showing a cyclist and a car on a road with pavement layers and a 0.20m demarcation line between the cycle lane and the curb.</p>
	2) Tachones	 <p>This diagram is identical to the one for Type 1, showing a cyclist and a car on a road with pavement layers and a 0.20m demarcation line between the cycle lane and the curb.</p>

Fuente: MCV-6 (2012).

Tabla A4. Soluciones Tipo de Segregación de Ciclorutas (continuación).

Solución tipo	Franja delimitación	Esquema
<p>Tipo 4</p>	<p>1) Solera tipo A (con pintura blanca retrorreflectantes) 2) Demarcación 3) Tachas</p>	
<p>Tipo 5</p>	<p>1) Bandejón mín. 0.50 m. 2) Demarcación 3) Tachas (solo lado vehículo)</p>	

Fuente: MCV-6 (2012).

A.4 Soluciones de tipo de ciclorutas (vel. vehículos > 50 km/h)

Para aquellas vías que presentan velocidades de proyecto superior a los 50 km/h, se deberá considerar un ancho de franja de seguridad para ciclorutas, según como se indica en Tabla A5 y Figura 1. EL objetivo de la implementación de esta franja de seguridad es para que los ciclistas no se vean afectados por la acción del viento producido por un vehículo circulando a velocidades medias o altas.

Tabla A5. Distancia Mínima a la que Debe Sitarse la Calzada de una Vía Segregada para Bicicletas.

Velocidad de Proyecto (km/h)	Distancia Mínima de la Franja de Seguridad (m)
≥ 100	2,8
90	2,2
80	2,0
70	1,7
60	1,4

Fuente: MCV-6 (2012).

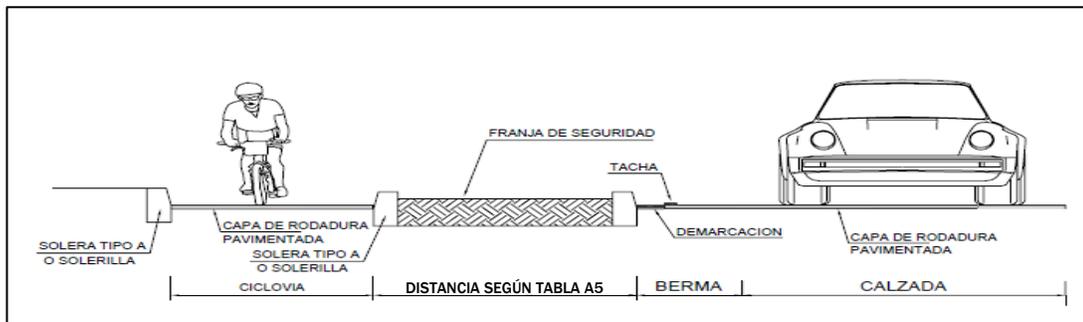


Figura A1. Esquema para distancia mínima de franja de seguridad, según Tabla A5.

Fuente: MCV-6 (2012).

Nota: Para casos de velocidades mayores a 50 km/hr, en donde se presenten flujos de bicicletas y de vehículo bajos, se deberá analizar una alternativa de reducir velocidad de operación de los vehículos a un máximo de 50 km/hr, para poder considerar una alternativa según la Tabla A4.

ANEXO B:
REVISIÓN DESING MANUAL FOR BICYCLE TRAFFIC-2011,
HOLANDA.

ANEXO B: REVISIÓN DESING MANUAL FOR BICYCLE TRAFFIC-2011, HOLANDA.

En Holanda se utiliza el manual de Diseño para el tráfico de bicicletas denominado “Design Manual for Bicycle Traffic” desarrollado por la organización CROW, que hace referencia en los capítulos 5 y 7, respecto a la aplicación de los distintos tipos de ciclorutas.

Se hace referencia en este manual sobre las posibles soluciones de una cicloruta adjunta a la calzada de los vehículos motorizados. Para la selección del tipo de cicloruta a utilizar se deben analizar los siguientes criterios: categoría de la vía (calle de servicio o vía colectora), categoría de la red ciclovial (red básica, cicloruta o cicloruta principal) donde se analizan el volumen del ciclista, velocidad y volumen de los vehículos motorizados. Lo anterior se diferencia para zonas urbanas y zonas interurbanas.

Los tipos de soluciones que se presentan en el manual tanto para zonas urbanas como zonas interurbanas en donde se muestra la función, aplicación, implementación, dimensiones consideraciones, combinaciones posibles y alternativas son: tráfico mixto, ciclocalle, ciclobandas, ciclovía segregada y ciclovía apartada. Por otro lado se entregan recomendaciones a la hora de combinar ciclistas con peatones.

Los elementos segregadores mencionados en el manual son los siguientes: bolardo, franja angosta pavimentada entre ciclovía y calzada principal, solera de pavimento para ciclovías. En cada uno de ellos se hace referencia a la función, aplicación, implementación, dimensiones, consideraciones y combinaciones posibles que estos puedan tener.

Finalmente en el manual se hace referencia a que el criterio de velocidad de los vehículos motorizados es un factor desconfiable, ya que a menudo los conductores exceden los límites. Por lo que señala que las autoridades viales deben asegurar que la velocidad realmente se cumpla o se debe diseñar pensando en la velocidad real.

B.1 Secciones viales para zonas urbanas e interurbanas

Para la selección del tipo de solución que tendrá la cicloruta adjunta a la calzada del vehículo motorizado se debe tener en cuenta los criterios ya mencionados en la revisión bibliográfica de la normativa Holandesa. La Tabla B1 y la Tabla B2 muestran las soluciones posibles tanto para zonas urbanas como para zonas interurbanas.

Tabla B1. Esquema de Opciones para Secciones Viales en Zonas Urbanas.

Categoría de la vía	Velocidad máxima del tráfico motorizado (km/h)	Volumen del tráfico motorizado (vm/h)	Categoría de la red ciclorutas		
			Red básica (Ibicicleta >750 día)	Cicloruta (Ibicicleta 500-2.500/día)	Cicloruta principal (Ibicicleta >2.000/día)
	n/a	0	ciclovía apartada		
Calle de servicio	30 km/h	1 - 2.500	tráfico mixto		ciclocalle (con preferencia)
		2000 – 5.000			ciclovías o ciclobanda (con preferencia)
		>4.000	ciclobanda o ciclovías		
Vía recolectora	50 km/h	2 x1 pistas	irrelevante	ciclovías o calle paralela	
		2 x 2 pistas			
	70 km/h	irrelevante	ciclovías, ciclomotor/ciclobanda o calle paralela		

Vm= vehículos motorizados; 2 x 1, dos pistas unidireccionales, uno en cada lado de la calle; 2 x 2, una vía bidireccionales en cada lado de la calle.

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

Tabla B2. Esquemas de Opciones para Secciones Viales en Zonas Interurbanas.

			Función de la sección en relación al ciclotráfico		
Función		Velocidad (km/h)	Volumen (vm/día)	Red Básica	Cicloruta (principal) (Ibicicleta > 2.000/día)
Función de la sección en relación al tráfico	Calle de servicio	60	1 – 2.500	tráfico mixto	ciclocalle, si Vehículo motorizado < 500 vm/día ¹⁾
			2000 – 3.000		
			> 3.000	ciclobanda o ciclovías	ciclovías o quizás ciclobandas
			Ciclovías		
Vía colectora	80	irrelevante	Ciclovías/ciclomotores calle paralela		

1) Más cualquier otro requisito para resguardar la seguridad.

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

De la Tabla B1 y la Tabla B2 se tiene las siguientes definiciones:

B.1.1 Tráfico mixto:

En zonas urbanas este tipo de solución se realiza en calles de servicio, locales o en calles residenciales tranquilas, con un límite de velocidad de 30 km/h. En las zonas interurbanas, son sustanciales las diferencias de velocidad entre automóviles y ciclistas, incluso cuando el límite de velocidad es 60 km/h. Esto significa que la solución de mezclar el tráfico sólo es posible si los volúmenes de tráfico motorizado y el de los ciclistas son bajos, y la velocidad máxima es menor a 60 km/h en la realidad.

a) Anchos de pista para solución tipo tráfico mixto.

Ancho de pista en zonas urbanas (a):

- 3,85 m (basado en una combinación de auto/bicicleta): sólo en condiciones de muy bajo volumen.
- 4,60 m (basado en una combinación de auto/auto).
- 4,85 m (basado en una combinación de auto/bicicleta/bicicleta).

Ancho de pista dentro de zonas interurbanas (a):

- 4,50 m (basado en una combinación de auto/bicicleta; consiste en 3,50 pista + 2 x 0,50 m pavimento berma).
- 5,50 m (basado en una combinación de auto/bicicleta/bicicleta, consiste en 4,00 m pista + 2 x 0,75 m pavimento berma) posible demarcación de demarcación de borde (1-3) a un máximo de 0,25 m del pavimento lateral.

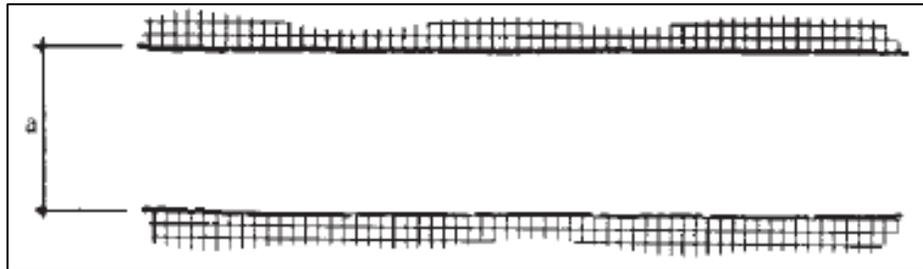


Figura B1. Esquema para ancho de pista para tráfico mixto.

Fuente: Traffic Engineering Design Manual for Bicycle Traffic (2011).

B.1.2 Ciclocalle

Frecuentemente en zonas urbanas se tiene que las ciclorutas principales forman parte de las rutas principales del flujo motorizado. Por lo que se tiene que una calle de servicio forma parte de una cicloruta principal, en donde el flujo de los vehículos motorizados es bajo, las velocidades son controladas y el flujo de ciclista es alto.

En las zonas interurbanas se tiene una diferencia en las condiciones expuesta en las zonas urbanas, la cual es la velocidad del tráfico motorizado. Una velocidad máxima de 60 km/h es

demasiado alta para asegurar la seguridad óptima y la comodidad del ciclista. Para lograr esto, se debe ajustar la velocidad del tráfico motorizado. Contrario a lo que se cree comúnmente, se puede establecer un límite de velocidad de 30 km/h fuera de zonas urbanas.

a) Ancho de pista para ciclocalles (a).

Ancho de calzada de 4,50 m (espacio generoso para 2 x 2 tomando en cuenta ciclistas que vienen desde la dirección contraria).

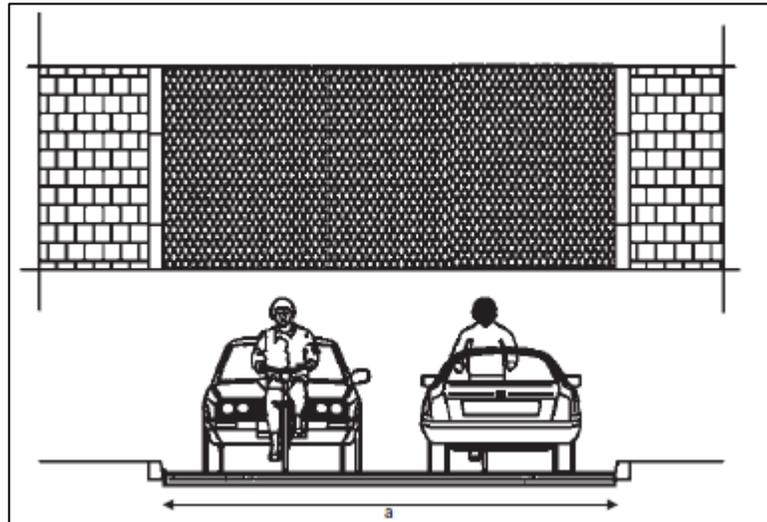


Figura B2. Esquema de ancho de pista para ciclocalle.

Fuente: Traffic Engineering Design Manual for Bicycle Traffic (2011).

B.1.3 Ciclobanda

Este tipo de solución es posible en las secciones de vías colectoras que tienen un nivel relativamente bajo de ciclistas y en secciones de calles de servicios con volúmenes altos o muy altos de tráfico motorizado. Aunque normalmente se combina el flujo de ciclista con los vehículos motorizados en las calles de servicios, la situación real de calle puede ser de mayor preocupación por la seguridad de los ciclistas.

a) Ancho de pista para ciclobandas (b).

- Ancho de pista marcado con línea continua 2,00 a 2,50 m.
- Ancho de pista marcado con línea de puntos 1,50 a 2,00 m.
- Ancho de línea de demarcación 0,10 a 0,15 m.

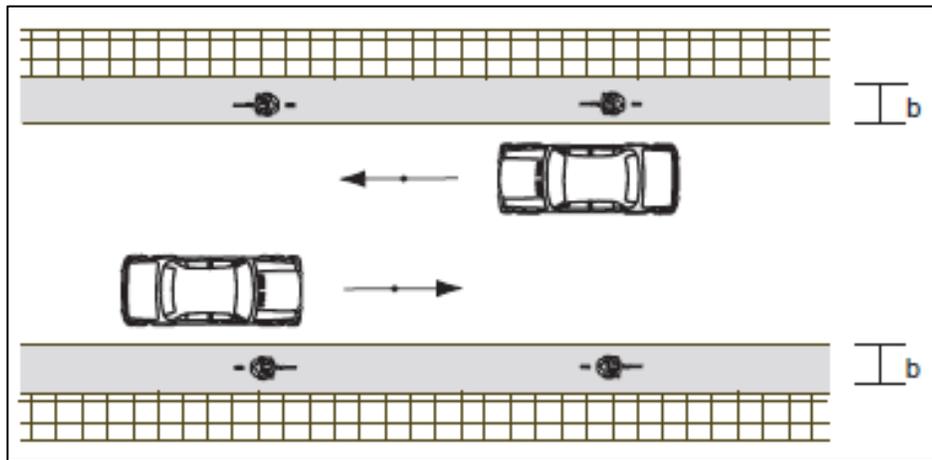


Figura B3. Esquema para ancho de pista para ciclobanda.

Fuente: Traffic Engineering Design Manual for Bicycle Traffic (2011).

B.1.4 Ciclovías segregadas

En las secciones de vías colectoras, las ciclovías ofrecen la solución más seguras, y son consideradas como una mejor solución que las ciclobandas.

Puesto que separan a los ciclistas del tráfico motorizado, el riesgo de conflictos entre ambos se minimiza. El diseño de las ciclovías depende de su función (la velocidad de diseño) y el uso (ancho).

En las ciclovías segregadas además del ancho de estas se debe considerar una berma separadora ya que a los ciclista le gusta viajar lo más alejado posible del tráfico motorizado. La descripción y el ancho de berma separadora se pueden apreciar en la Tabla B3 y Tabla B4 respectivamente.

Tabla B3. Descripción Berma Separadora

Función	Separar físicamente el tráfico motorizado con el flujo de ciclista
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Para cicloruta segregada • Dentro y fuera de zonas urbanas
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Berma pavimentada, berma sin pavimentar, solera elevada, cerco o barrera • Si se requiere, berma pavimentada puede servir de pista de evasión (solo sin desnivel) • Berma puede ser apropiada para mobiliaria callejera, vegetación baja y/ árboles
Dimensiones	<p>Ancho (c) en zonas urbanas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mínimo 0,35 • Con postes y/o cicloruta bidireccional > 1,00 m • En el caso de vegetación o estacionamiento > 2,30 m • Desde 30 m antes de calle lateral <0,35 m (para calle con $V_{m\acute{a}x} < 70$ km/h) • Con cerco > 0,70 m • Con barrera > 1,10 m <p>Ancho (c) fuera de zonas urbanas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A una $V_{m\acute{a}x}$ calzada principal 60 km/h $\geq 2,50$ (1,50) m • A una $V_{m\acute{a}x}$ calzada principal ≥ 80 km/h 6,00 (4,50) m • A una $V_{m\acute{a}x}$ calzada principal ≥ 100 km/h > 10,00 m
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none"> • La separación de vehículos motorizados y bicicletas es segura • Con solera elevada, riesgo para ciclistas de accidentes laterales (pedal contra la solera) • Opciones de cruces limitadas para ciclistas (sólo en calles laterales, salidas y espacios en la berma separadora) • Berma pavimentada de mayor ancho puede servir de estacionamiento
Combinaciones posibles	<ul style="list-style-type: none"> • Protección contra destellos • Iluminación pública

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

Tabla B4. Ancho de Bermas Separadoras (entre Calzada-Cicloruta) fuera de Zonas Urbanas.

Categoría vial	Ancho de bermas separadoras (m)	
	Distancia recomendada	Distancia mínima
Vía colectora	6,00	4,50
Calle de servicio	>1,50	1,50

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

a) Ancho de pista para ciclovías segregadas.

Tabla B5. Ancho de pista para ciclovías segregadas.

Vía unidireccional		Vía bidireccional	
Horario máximo: volumen una dirección (b/h)	Ancho (b)	Horario máximo: volumen una dirección (b/d)	Ancho (b)
0 - 150	2,0 m	0 - 50	2,5 m
150 - 750	3,0 (2,5) m	50 - 150	2,5 a 3,0 m
> 750	4,0 (3,5) m	>150	3,5 a 4,0 m

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

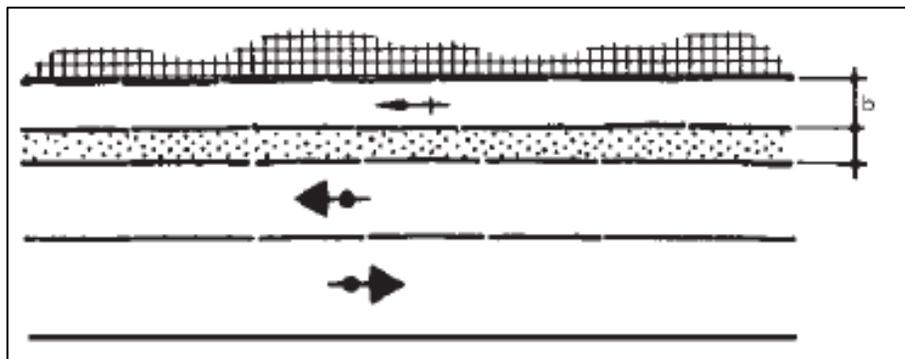


Figura B4. Esquema para ancho de ciclovías segregadas.

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

B.1.5 Calle paralela

En términos funcionales, una calle paralela al lado de una vía colectora o troncal puede designarse como una calle de servicio. En el caso de calles paralelas en zonas urbanas, se debe prestar una atención especial a las condiciones de estacionamiento. Los vehículos estacionados no deben poner en peligro los intereses de los ciclistas.

Las calles paralelas pueden incorporar a ciclobandas o pistas sugeridas. En general las calles paralelas son unidireccionales, particularmente en sectores urbanos.

Un tema en las calles paralelas de zonas interurbanas es la velocidad del flujo motorizado.

Hay ocasiones en que la calzada paralela ofrece una ruta más rápida que la principal, pero en ese caso se pierde el equilibrio entre la función, el diseño y el uso.

B.2 Soluciones para casos ciclista-peatón

Se desarrolla en el manual una sección ciclista-peatón donde se analiza las posibles combinaciones que ambos grupos puedan tener, principalmente los volúmenes del flujo peatonal en relación al ancho del perfil (densidad peatonal) determinarán el tipo de solución. La finalidad de estas soluciones es integrar más a los ciclistas y que estos tengan destinos más accesibles. Lo anterior se puede observar en la Tabla B6.

Se debe tener en cuenta que la ventaja de integrar el flujo de ciclistas y el de peatones es para que se maximice el movimiento lateral de ambos tipos de flujo. Por otro lado, la ventaja de estar separados es que ambos grupos no se estorban, lo cual disminuye el riesgo de accidentes.

Tabla B6. Posibles Combinaciones Ciclista-Peatón.

Número de peatones por hora por metro de ancho de perfil ¹	Solución recomendada
<100	Totalmente integrados
100 - 160	Separación; flujo ciclista con perfil continuo (sin diferencias de altura)
160 - 200	Separación; flujo ciclista con perfil de sección
>200	No es posible combinar

(1) El número de peatones que pasan por una línea imaginaria que cruza toda la calle en una hora, dividido por el total de ancho del perfil, en metros.

Fuente: Traffic Engineering Design Manual for Bicycle Traffic (2011).

El diseño de una solución separada con volúmenes de peatones entre 100 a 160 personas por hora por metro de ancho del perfil es básicamente a través de una demarcación que indica la zona de circulación del ciclista. En cambio, el diseño de una solución separada con volúmenes de peatones mayores a 160 por hora, se recomienda que la zona de circulación del ciclista donde se debe utilizar un pavimento y/o color diferente.

Cuando el espacio es muy limitado, se tiende a tener soluciones menos óptimas, tales como ciclobandas, ciclovías angosta o emplazar la cicloruta en la calzada. Es por esto que el diseñador deberá analizar entre las opciones anteriores, aunque lo más recomendable es evitar que los ciclistas bajen a la calzada, ya que los ciclistas y peatones son más parecidos en cuanto a masa y velocidad.

El diseño de una ciclobanda o ciclovía angosta integra a los ciclistas y peatones ya sea a través de la misma altura o con diferencias de alturas en un par de centímetros. Otro tipo de segregación es a través de soleras reducidas o demarcación.

B.3 Descripción de elementos de segregación

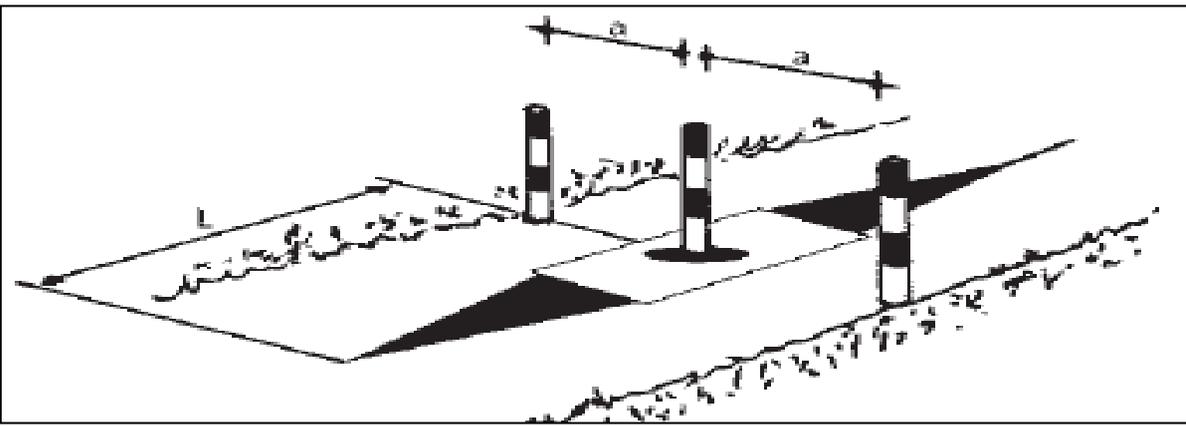
En el manual se hace referencia a tres tipos de elementos de segregación, los cuales son:

- Bolardo.
- Franja angosta pavimentada.
- Solera.

A continuación se realiza una descripción de estos tipos de elementos de segregación.

B.3.1 Bolardo

Tabla B7. Descripción de Elemento de Segregación Tipo Bolardo.

Función	Excluye el flujo motorizado no deseado
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Si otras medidas no resultan • En ciclovías dentro y fuera de zonas urbanas • Como medida para suplementar a los letreros
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupar un color (rojo-blanco) de contraste, para los discapacitados visuales • Con bisagra, plegable o removible para el acceso de vehículos anchos (bomberos, mantención de tránsito)
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho efectivo al lado de bolardo (a)= 1,5 (1,0) m; en la ausencia de una ruta alternativa, un espacio de 1.20 m (que permita vehículos de discapacitados) • Largo de la demarcación de entrada (L) \geq 5,0 m
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Excluir el tráfico • Molestia para ciclistas (restricciones de ancho) • Peligroso para ciclistas (riesgo de colisiones) • Molestia en las rutas invernales (donde se pone arena, ripio fino o sal)
Alternativas	<ul style="list-style-type: none"> • Sin bolardo (si el flujo motorizado es ocasional) • Angostamiento físico por ambos lados de la ciclovía • Isla de tráfico central incruzable en la ciclovía
	

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

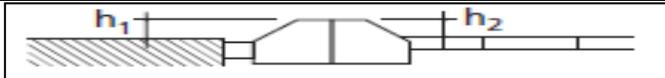
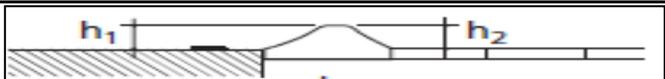
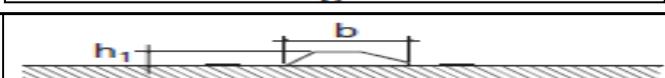
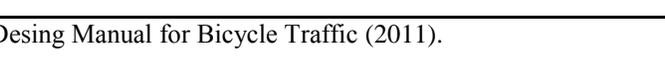
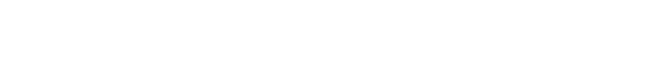
B.3.2 Franja angosta pavimentada entre ciclovía y calzada principal

Tabla B8. Descripción de Elemento de Segregación Tipo Franja Angosta Pavimentada.

Función	Separar físicamente el tráfico motorizado del flujo de ciclista
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • En ciclovía segregada • En zonas urbanas • Si espacio insuficiente para berma separadora
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • (1), (2), (3) y (4) para ciclovía con pavimento de elementos • (5) y (6) con pavimento continuo de asfalto • Interrupción del pavimento para el drenaje • Interrupción en calles laterales y salidas • Se puede pintar blanco o blanco con negro las soleras o los bordes
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> • El ancho varía • $H_1 \leq 0,1$ a $0,12$ m • $H_2 = 0,05$ ($0,07$) m; si $0,07$ m, escoger un perfil que evite que el pedal se golpee en la separación
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Separación segura de vehículo motorizados y las bicicletas • Es posible en los perfiles angostos, ciclovía segregada • Opciones de cruces limitadas para ciclistas (sólo en calles laterales, salidas y espacios en la berma separadora) • Dimensiones incorrectas crea borde riesgoso para ciclistas • El flujo motorizado puede cruzar
Combinaciones posibles	<ul style="list-style-type: none"> • Pista integrada (separación blanda entre ciclovía y vereda)

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

Tabla B9. Esquema de Opciones para Secciones Viales en Zonas Urbanas según Tabla B8.

	Calzada	Ciclovía
(1) Dos soleras de hormigón con azulejos u otros separadores entre medio		
(2) Dos soleras de hormigón juntas		
(3) Solera de hormigón semi-redonda		
(4) Perfil de solera hueca		
(5) Lomo de asfalto		
(6) Soleras anchas de hormigón u otro material		

Fuente: Traffic Engineering Design Manual for Bicycle Traffic (2011).

B.3.3 Solera para ciclovías

Tabla B10. Descripción de Elemento de Segregación Tipo Solera.

Función	<ul style="list-style-type: none"> • Evita movimientos del pavimento modular • Protege la ciclovía de las áreas de otros tipos de tráfico
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de la ciclovía de la cuneta, calzada o bermas sin pavimentación • Necesarios para ciclovías de pavimento modular • (A), (B) (1) y (C) en el caso de diferencia de alturas • (B) (2), (3) y (4) si no hay diferencia de alturas • (1) funciona también en el caso de islas centrales en rotondas
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • No usar lado bajo de (A) (1) en una ciclovía angosta (por el miedo a los obstáculos) • Uniones cóncavas y/o convexas (B también unión V)
Dimensiones	<p>(A):</p> <ul style="list-style-type: none"> • a x b x c (en cm) • (1): 13 x 15 x 16/20/25 • (2) : 11 x 22 x 25; 18 x 20 x 16/20 • (3) : 13 x 15 x 10/12/14; 18 x 20 x 10/12/14 • Largo funcional 100 cm; h = aproximadamente 11 cm <p>(B):</p> <ul style="list-style-type: none"> • b x c (en cm) • (1): 10 x 20/25/30; 12 x 25 • (2) : 10 x 25 • Largo funcional 100 cm • Radio de soleras R = 0.50 / 1 / 2 / 4 / 6 / 11 m • (3) y (4) : 5 x 15; 6 x 15/20; 8 x 20; 10 x 20/30; 12 x 25 • Largo funcional 110 cm, radio de soleras R = 0,50 a 12 m <p>(C):</p> <ul style="list-style-type: none"> • a x b x c (en cm) • (1): 7 x 20 x 15, largo funcional 100 cm • (2) : 6 x 12 x 10, largo funcional 100 cm
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none"> • soleras de pavimento evita movimientos (en ciclovías de pavimento modular) • (A) (1) a lo largo de la calzada, previene efectivamente que otros tipos de tráfico entren a la ciclovía, sirviendo además como guía reconocible. • (C) (1) muy duradera • con A (1), ciclistas pueden golpear la solera con sus pedales y caerse • con (A) (1), miedo a obstáculos con respecto a la solera efectivamente resulta en una ciclovía más angosta.

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

Tabla B11. Tipos de Soleras según Tabla B9.

(A) solera: acera-ciclovía o ciclovía- calzada principal	(B) solera de pasto: berma sin pavimentación- ciclovía	(C) solera de ciclovía: acera-ciclovía

Fuente: Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic (2011).

ANEXO C:
REVISIÓN LONDON CYCLING DESIGN STANDARDS–2005,
LONDRES.

ANEXO C: REVISIÓN LONDON CYCLING DESIGN STANDARDS–2005, LONDRES.

Dentro de los manuales más destacados de Inglaterra se encuentra el de la ciudad de Londres denominado “London Cycling Design Standards” generado por Transport for London (TfL), donde se hace referencia la forma de selección del tipo de cicloruta y la protección adicional que requieren las ciclorutas de alto tráfico vehicular en el capítulo 4.

Las soluciones adecuadas para una cicloruta que presenta este manual son principalmente dos, que dependerán del flujo y de la velocidad vehicular: mixtas (carreteras con bajo flujo vehicular, velocidad lenta y espacio limitado) o con segregación (carreteras con alto tráfico vehicular y velocidad alta). Estos tipos de soluciones son elegidos a través de una Tabla C1 o del gráfico ilustrado en la Figura C1.

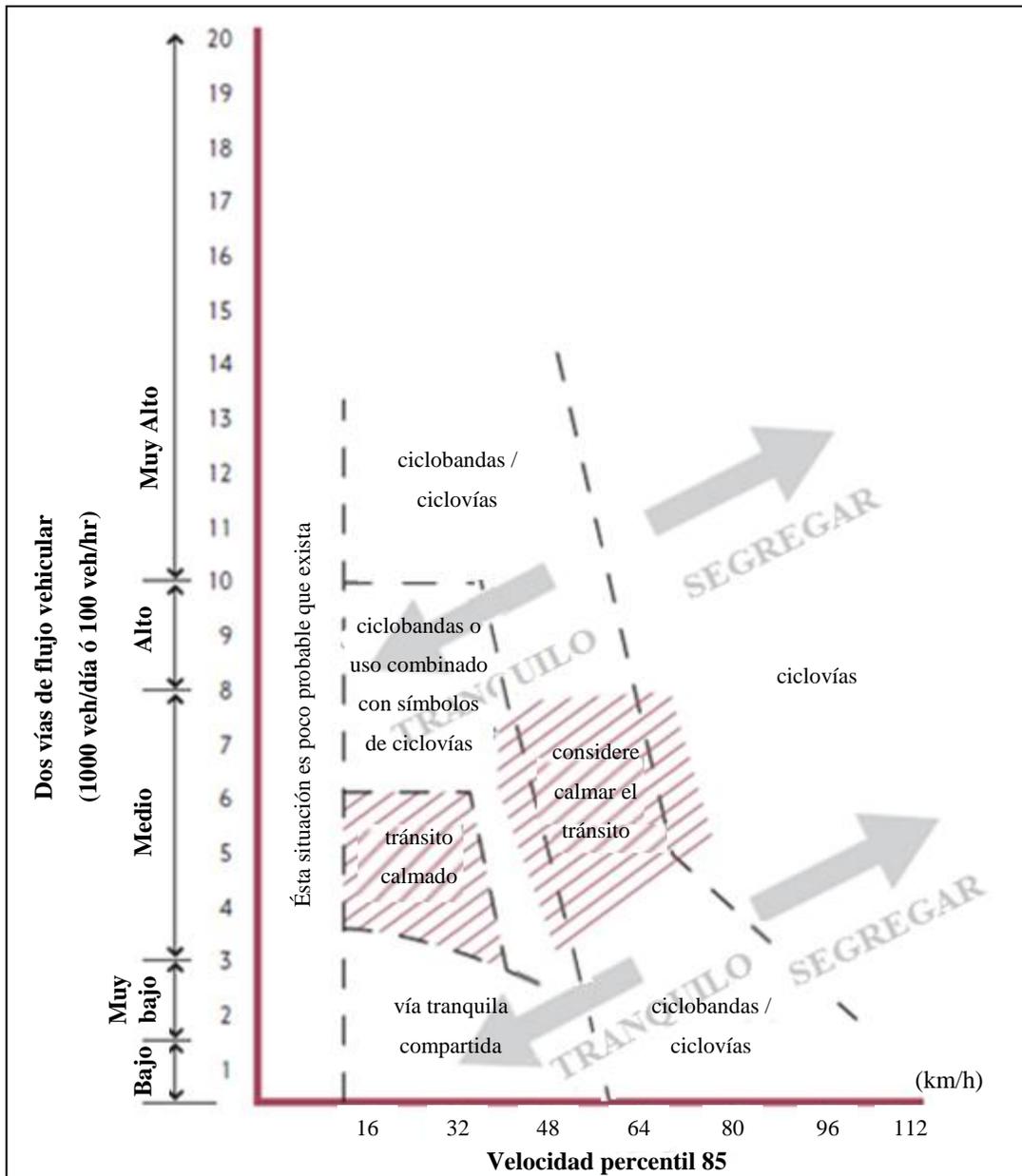


Figura C1. Gráfico de soluciones de tipos de ciclorutas

Fuente: London Cycling Design Standards (2005).

Notas:

- Cada ruta tendrá que ser juzgado en función de su situación específica.
- Normalmente no se requerirán de ciclovías en áreas de bajo tráfico.
- En condiciones de alto tráfico se pueden implementar ciclovías.
- Los diseños de ciclorutas deben buscar condiciones de tránsito tranquilo o segregar a los ciclistas.

Los tipos de elementos que se encuentra en el manual son básicamente cuatro, denominados: demarcación horizontal en el camino fuera de la ciclobanda, solerillas intermitentes (no deben reducir el ancho de la ciclovía), tachones reflectantes y soleras. Para la elección de estos elementos se debe cumplir con los requisitos entregados por Traffic Signs Regulations and General Directions (TSRG).

C.1 Selección de tipo de solución

En la normativa Inglesa se tiene dos formas para la elección del tipo de solución de una cicloruta adjunta a la calzada vehicular, ya sea a través del gráfico de la Figura C1 o a través de la Tabla C1. Se recomienda que antes de determinar la solución a utilizar en la zona de estudio es importante determinar el lugar (en términos de sección transversal de la carretera) en donde los ciclistas se encuentran en una posición más favorable para viajar. La situación ideal sería que este lugar fuera la acera.

Tabla C1. Matriz de Soluciones de las Instalaciones de Ciclorutas en Función del Volumen de Tráfico y la Velocidad del Vehículo.

	85% Velocidad km			
	<32 km/h Muy bajo	32-48 km/h bajo	48-64 km/h medio	> 64 km/h alto
Muy Alta > 10.000 VPD	Ciclobanda/ Ciclovía	Ciclobanda/ Ciclovía	Ciclobanda/ Ciclovía	Ciclovías
Alto VPD 800-1.000 8.000-10.000 VPH	Ciclobandas	Ciclobandas	Ciclobanda/ Ciclovía	Ciclovías
Medio 3.000-8.000 VPD 300 800VPH	Ciclobanda o ciclocalle con símbolos de ciclovía	Ciclobanda o ciclocalle con símbolos de ciclovía	Ciclobanda/ Ciclovías	Ciclovías
Bajo 1.500-3.000 VPD 150 300VPH	Ciclocalle con símbolos de ciclovías	Ciclocalle con símbolos de ciclovías	Ciclobanda/ Ciclovías	Ciclobanda/ Ciclovías
Muy Bajo <1.500 <VPD 150VPH	Ciclocalle sin símbolos necesarios	Ciclocalle sin símbolos necesarios	Ciclocalle con símbolos de ciclovías	Ciclobanda/ Ciclovías

Fuente: London Cycling Desing Standars (2005).

Notas:

1. Esta tabla asume las condiciones y tendencias actuales.
2. Se debe utilizar protección adicional a las ciclobandas donde la velocidad del flujo motorizado es media o alta y/o se presentan distintas situaciones de dirección de desplazamiento (véase para las opciones el dibujo CCE/B12 del apéndice C "Typical detail drawings" del London Cycling Desing Standards, página 185. Disponible en http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/lcds_appendixc.pdf).
3. Cuando se presenta la opción de ciclobandas o ciclovía, las ciclobandas debe ser considerada como la primera opción.

4. "Símbolos" es la simbología de una cicloavía mostrado en el Diagrama 1057 del "The traffic signs regulations and general directions" (TSRGD) (Disponible en <http://www.ukroads.org/webfiles/TSRGD-2002.pdf>, pág. 204). Su uso en asociación con los números de ruta resulta apropiado.
5. VPD = número de vehículos motorizados en día de semana típico de 24 horas.
6. SPV = número de vehículos motorizados en la hora punta de la mañana.
7. En áreas congestionadas es aconsejable implementar ciclobandas, pero estas no se justifican en zonas con alto volumen de tránsito y altas velocidades.

C.2 Anchos recomendados para tipos de soluciones

- Ciclocalle o ciclorutas compartidas: ancho recomendado para ciclorutas compartidas es de 3.0 m, con ancho mínimo de 2,0 m.
- Ciclobandas: para permitir un uso cómodo por parte de los ciclistas, las ciclobandas deberán tener un ancho de 1,5 m a 2,0 m, donde el espacio lo permite. Un ancho más amplio también permitirá al ciclista adelantar a otro ciclista más lento sin entrar en el flujo principal de tráfico motorizado.
- Cicloavía: anchos recomendados según Tabla C2.

Tabla C2. Ancho de pista para cicloavía.

	Ancho mínimo deseable (m) (ver nota 1)	Ancho mínimo absoluto (m) (ver nota 1)	Banda de seguridad mínima del borde acera a calzada (m) (nota 2)
1 pista	2,0	1,5	0,5
2 pista	3,0	2,0	0,5

Fuente: London Cycling Desing Standars (2005).

Notas:

1. 0,5 m se debe agregar a cada lado de la pista que esté limitada (por ejemplo, por un muro, cerco o rejas).
2. Implementar franja de seguridad con un ancho mínimo de 1,0 m en zonas adyacentes a accesos de estacionamientos.

ANEXO D:
REVISIÓN NATIONAL CYCLE MANUAL–2011, IRLANDA.

ANEXO D: REVISIÓN NATIONAL CYCLE MANUAL-2011, IRLANDA.

En Irlanda es utilizado el “National Cycle Manual” producido por National Transport Authority, que abarca principios de seguridad sostenibles. Específicamente en la sección 1.7 se desarrolla un capítulo denominado “integración y segregación”, donde se especifican los tipos de soluciones y elementos de segregación.

En el manual se especifica dos tipos de ubicaciones de la ciclorutas a lo largo de las carreteras y calles de tráfico mixto. La primera ubicación es cuando los ciclistas están por delante o por detrás de los vehículos (ciclocalle), en torno a una velocidad controlada y la segunda es cuando la cicloruta está al lado de los vehículos en su propia pista (ciclobanda o ciclovías). La elección del tipo de cicloruta a utilizar dependerá del volumen y velocidad del vehículo motorizado como se recomienda en el gráfico del manual (Figura D1).

Este manual señala los siguientes elementos segregadores: solerillas, soleras, bolardos, demarcaciones y barreras de protección (utilizadas en carreteras nacionales). La instalación dependerá de la configuración del diseño y estas instalaciones segregadas se incluyen en ciclovías.

Algunas ventajas que se señalan en el manual respecto a las instalaciones de los elementos segregadores son: protección del tráfico motorizado, independencia de la congestión vehicular, mejora en los tiempos de viaje, entre otras. Además se mencionan lugares en donde no se debería utilizar elementos segregadores, tales como: sectores con presencia de obstáculos, frecuentemente en entradas o uniones que perjudicarán al ciclista, donde las instalaciones integradas proporcionarían una mejor solución, etc.

D.1 Selección del tipo de solución

En Irlanda, la selección del tipo de solución que se le dará a una cicloruta próxima a una calzada, se realiza a través de un gráfico de orientación, como se muestra en la Figura D1.

Se recomienda en la normativa Irlandesa que se cumpla con el principio de homogeneidad, el cual trata de reducir la velocidad relativa, las diferencias de masa y la dirección relativa en los usuarios que comparten el mismo espacio para así aumentar la seguridad. Este principio tiene un efecto beneficioso sobre el nivel y la gravedad de los accidentes que podrían ocurrir.

Cuando la velocidad relativa, la masa o dirección no son homogéneas, se necesitara segregar a los usuarios de la carretera.

A continuación se definen los conceptos nombrados en los párrafos anteriores:

- **Velocidad relativa:** La velocidad promedio de los ciclistas es entre 15 a 20 km/h, los diseñadores deben prestar atención al flujo de vehículos motorizados donde la velocidad es superior a 50 km/h.
- **Masa relativa:** En general, los ciclistas no deben ser ubicados cerca de vehículos grandes. Sin embargo los ciclistas son permitidos frecuentemente en las pistas de los autobuses, ya que estos conductores han sido capacitados en la conducción con los ciclistas.
- **Dirección relativa:** los problemas más frecuentes de dirección surgen cuando los vehículos deben girar hacia la izquierda a través de las ciclorutas o hacia la derecha en dirección opuesta de los ciclistas y cuando el ciclista va a través de su pista de circulación. Estos movimientos no pueden ser excluidos por lo que se debe controlar la velocidad.

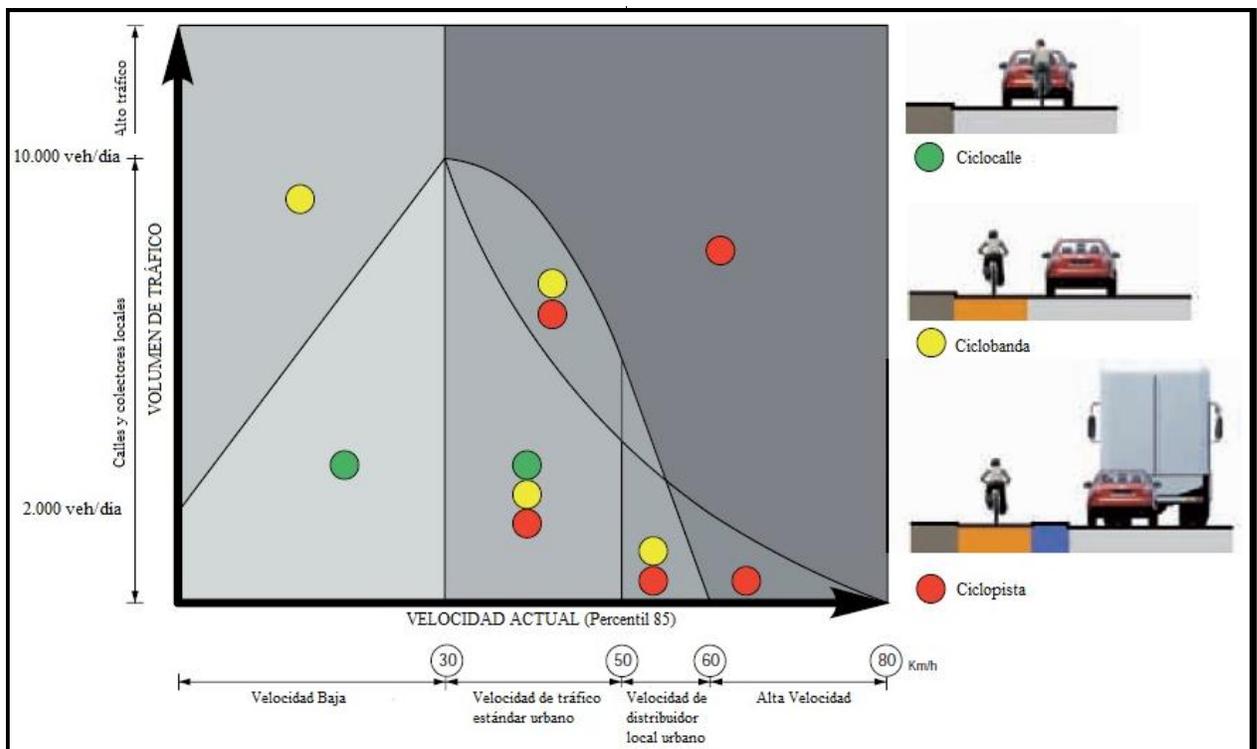


Figura D1. Gráfico de orientación para la selección del tipo de solución

Fuente: National Cycle Manual (2011).|

Notas sobre el uso del gráfico de Orientación

D.1.1 Existen dos formas de utilizar este gráfico

A. Elección del entorno de viajes en bicicleta preferido

Se debe elegir el tipo de instalación que le gustaría implementar (por ejemplo, ciclocalles), y luego reducir la velocidad y el volumen de tráfico a un nivel apropiado. Este método es adecuado cuando la intención del diseñador es hacer hincapié en una localidad o un sector de la ciudad calmado y relajado, o quizás donde el camino es tan estrecho que no existe la posibilidad de emplazar una cicloruta.

B. Planificar las velocidades y volúmenes del flujo motorizado

Determine las velocidades de diseño y los volúmenes del flujo de acuerdo con el plan de tráfico regional y/o local sostenible, de manera de proveer la instalación de bicicleta apropiada para ese régimen.

D.1.2 Los valores umbral

Los umbrales de referencia del gráfico de la Figura D1 son los valores más ampliamente aceptados internacionalmente de velocidad y de volumen de flujo de vehículos para diferentes opciones de cicloruta. Estos son valores aproximados en su ámbito, para dar a los diseñadores un sentido apropiado a sus soluciones de diseño.

En el diseño contempla garantizar los principios de seguridad sostenible, sobre todo, funcionalidad, homogeneidad y legibilidad, y se aplican a cada proyecto independientemente de la solución ofrecida en este gráfico.

D.1.3 Los volúmenes de flujo vehicular - algunas reglas generales

En el gráfico de la Figura D1, el eje "Y" es el flujo vehicular total en vías direccionales en un día basado en TMDA. Algunas reglas básicas son:

- 1) Máximos volúmenes de tránsito por hora = aproximadamente 10% de las 24 horas TDMA
- 2) El volumen máximo en una hora se divide en 66% de entrada y en 33% de salida

3) Un autobús o vehículo pesado es equivalente a 3 PCU (unidades de pasajeros de automóvil). Una vía de bus ocupada (por ejemplo, un autobús cada minuto o taxis circulando regularmente) puede tener tan alto tránsito (en PCU) como la pista de circulación de al lado.

4) Por una calle de alto tránsito circulan entre 650 a 850 PCU por hora.

D.1.4 Velocidades reales de vehículos motorizados

En el diseño de la cicloruta, la velocidad teórica del tránsito o el límite de velocidad de la vía no son las que principales, ya que el valor de velocidad que se emplea en el diseño es el percentil 85 de la velocidad real de circulación.

La velocidad real del tránsito puede ser muy diferente al límite de velocidad establecido en la vía, sobre todo fuera de las horas punta. En algunos casos, puede ser necesario volver a configurar los espacios viales para asegurar que las velocidades de circulación no sean mayores que las establecidas en el diseño.

Los anchos de pista son de bastante consideración, con la excepción de las vías distribuidoras primarias, en donde los anchos de pista no deben exceder los 3 metros (Ver Traffic Management Guidelines, Table 9.2: “Typical Lane Widths”).

Para orientación adicional sobre la velocidad, se puede consultar la Traffic Management Guidelines, Chapter 6, Table 6.1 (b) “Traffic Calming on Existing Roads”.

D.1.5 Velocidad relativa de tránsito

El promedio de velocidad del ciclismo urbano es hasta 20 km/h, dónde no se produzcan problemas, según el consejo del manual Holandés (CROW), se debe limitar la diferencia de velocidad entre la bicicleta y el tránsito de vehículos hasta 10 km/h, con el fin de que las bicicletas puedan circular junto a los vehículos con la correspondiente comodidad y seguridad.

Por esta razón, el límite de velocidad de 30 km/h (asegurándose de que este es observado) se convierte fundamental para el concepto de tráfico mixto o ciclocalle.

Con velocidades superiores a los 50 km/h, la velocidad relativa entre los vehículos y los ciclistas es alta (30 km/h o más). En términos relativos, los ciclistas que viajan a 20 km/h en una zona de 50 km/h son equivalentes a los peatones caminando por la calle en sentido opuesto al tránsito, en un 30 km/h zona.

Por esta razón, la segregación es generalmente adecuada para las vías urbanas donde:

- Las velocidades reales de vehículos motorizados están por encima de 50 km/h.
- En carreteras donde el límite de velocidad se ha fijado en 60km/h, o más alto.

D.1.6 Umbrales críticos - 10.000 TMDA y 5.500 TMDA

Al examinar el gráfico de la Figura D1, el umbral de 10.000 TMDA es importante. A la velocidad real de 30 km/h se tiene el nivel máximo de tránsito, lo que es probable que la elección más adecuada sea ciclocalles. Se tiene que 10.000 TMDA es más o menos equivalente a 1.000 PCU en la hora punta, o 666 PCU entrantes en la hora punta de la mañana.

Cuando la velocidad real de circulación es de 50km/h (el límite estándar de velocidad urbana) el tránsito máximo es de 5.500 TMDA, en donde la ciclocalle es preferida. Esto es equivalente a 360 PCU entrantes en la hora punta con un volumen relativamente bajo de tránsito.

D.1.7 Carreteras de varias pistas

En general, y bajo el principio de legibilidad, este manual no recomienda diseños que propongan que los ciclistas se movilizan a través de pistas múltiples de tránsito con giros hacia a la derecha.

Mientras que algunos ciclistas experimentados puedan realizar tales maniobras, cuando es posible, el diseñador debe proporcionar una disposición de cruce adecuada, de acuerdo con los principios de seguridad sostenible.

Si la calle o carretera en cuestión tiene más de una pista por sentido (entre las salidas), el diseñador debe volver a evaluar el diseño:

- 1) Si el camino es realmente un colector de orden superior/distribuidor vial con una fuerte función de tráfico, es probable que se requiera implementar ciclobandas o ciclovías.
- 2) Si la carretera tiene bajas cantidades de flujo, los espacios viales se deben volver a configurar en favor de la bicicleta.

D.1.8 Limitación del giro hacia la derecha

En muchas situaciones, los giros hacia la derecha se incorporan simplemente porque el espacio existe. El giro a la derecha sólo se debe permitir en vías con alta congestión vehicular (vía colector de orden superior, caminos de distribución, etc.).

Se requiere una cuidadosa atención a la disposición de los ciclistas en los giros hacia la derecha, donde se puede tener un alto flujo local y desordenes en la vía.

D.1.9 Viabilidad de la segregación a gran escala

Puede que no sea factible rediseñar el espacio urbano existente para suministrar instalaciones segregadas adecuadas.

Soluciones integradas para ciclismo, basadas en la jerarquía de disposición, probablemente sean más eficaces en términos de costo y entrega. Sin embargo, las instalaciones integradas pueden requerir cambios significativos en el régimen de tránsito.

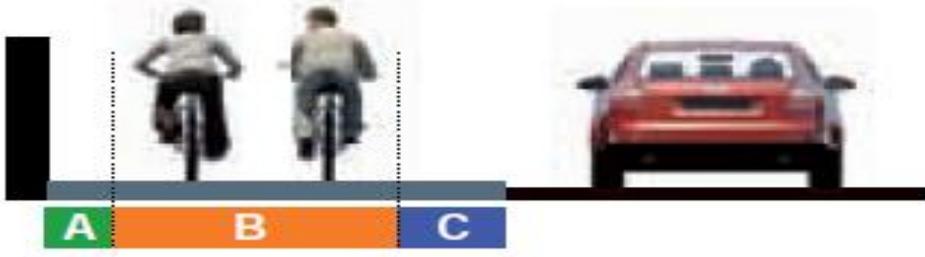
Las implicancias en el transporte producto de reducciones significativas en la velocidad y el volumen de tráfico sobre arterias principales de ciudades y entre ciudades, se tiene que entender completamente, y planificar dentro del plan de tránsito urbano sostenible antes de emprender tales cambios.

D.2 Selección del ancho para tipos de soluciones

Son tres los elementos para determinar el ancho de una cicloruta según lo indicado en la presente normativa, además de su correspondiente elemento de segregación (Tabla D1). Se debe tener presente que:

- Se puede requerir de un ancho adicional dependiendo de la topografía, flujo de vehículos motorizados, etc.
- Cuando una ciclobanda supera los 3,0 m de ancho, pueden producirse confusiones en la vía, por lo que una ciclovía puede ser una solución adecuada.

Tabla D1. Ancho de Cicloruta y Tipo de Elemento Segregador.



A Borde Interior	B Régimen de Bicicleta	C Borde Exterior	D Características Adicionales
<p>Bordillo 0,25m</p> 	<p>Fila Única 0,75m</p> 	<p>30 km/hr, 0,50m 3.0m ancho de pista</p> 	<p>En subida 0,25m Curvas cerradas 0,25m</p>
<p>Barranco Canal 0,25m</p> 	<p>Fila única, 1,25m Adelantamientos parciales, utilizando pista de al lado</p> 	<p>50 km/hr, 0,75m 3.0m ancho de pista</p> 	<p>Grupo de ciclistas 0,50m en zonas de detención e inicio de recorridos</p>
<p>Muro, Valla o Barrera de Choque 0,65m</p> 	<p>Bidireccional 1,75m</p> 	<p>Bordillo elevado, 0,50m bordillo bajo o una barrera física</p> 	<p>Alrededor de establecimientos educativos o para largos recorridos recreativos 0,25m</p>
<p>Postes o Bolardos 0,50m</p> 	<p>Fila única, 2,0m Adelantamientos parciales, utilizando pista de al lado</p> 	<p>Bordillo de vegetación, etc. 0,25m (es decir, una ciclovía)</p> 	<p>En paraderos de taxis, zonas (min 0,9m) de carga y zonas de estacionamiento de vehículos 1,0m</p>
	<p>2 Filas + Adelantamiento (pistas y ciclovías) 2,50m</p> 		<p>Giros de ciclistas 0,50m</p>

Fuente: National Cycle Manual (2011).

ANEXO E:
REVISIÓN GUIDE TO TRAFFIC ENGINEERING PRACTICE
PART 14 - BICYCLES - 1999, AUSTRALIA.

ANEXO E: REVISIÓN GUIDE TO TRAFFIC ENGINEERING PRACTICE PART 14 - BICYCLES - 1999, AUSTRALIA.

La asociación Australiana de transporte por carreteras y autoridad del tránsito (AUSTROADS) ha desarrollado el documento denominado “Guide to Traffic Engineering Practice, Bicycles-Part 14”. Este manual se diferencia de otros, ya que en vez de utilizar tablas o gráficos, este documento proporciona diagramas de flujo para identificar el tipo de solución a utilizar (Figura E1, Figura E2 y Figura E3). Los criterios utilizados en el proceso de decisión se basan en datos técnicos, incluidos volúmenes de vehículos, velocidad de operación y el tipo de habilidad de los ciclistas.

Para la elección del tipo de solución a implementar, se debe considerar la definición de ruta estratégica y no estratégica, en donde se define ruta estratégica como:

- Las ciclorutas que experimenten un alto uso por parte de los ciclistas.
- Las ciclorutas que son definidas por un plan maestro estratégico para ciclista, las cuales incluyen a ciclorutas arteriales y colectoras.
- Las rutas o trazados que tienen el potencial de hacerlo con la implementación de una ciclorutas.

En la guía se presentan tres diagramas de flujo. Estos diagramas determinan que para las rutas estratégicas empleadas con fines recreativos y/o traslados a lugares de estudio (escuelas, universidades, etc.), que cumplan con ciertos criterios de velocidad y volumen de vehículos motorizados ($V_{vm} > 70$ km/h, $TMDA > 3.000$ vpd) y que puedan ser dotadas de un alto estándar, se les da las siguientes alternativas de solución ciclista/peatón con respecto a la demanda de peatones, demanda de ciclistas y velocidad de ciclistas (Anexo E):

- Ciclocalle
- Ciclobanda
- Ciclovías

De la misma forma, para el caso de las ciclorutas no estratégicas o estratégicas que cumplan con criterios de velocidad y de volumen de tránsito distintos a los que se hace alusión en el párrafo

anterior, se les da las siguientes soluciones ciclista/vehículo considerando las limitaciones físicas de la vía y la demanda de estacionarse por parte de vehículos motorizados (Anexo E):

- Ciclobanda
- Ciclobanda, con espacio libre extra al costado de la vía
- Ciclobanda, en zona de estacionamiento paralelo (sin interrumpir la circulación del ciclista al abrir la puerta del vehículo) y en zona de estacionamiento en ángulo
- Ciclobanda, en zona de estacionamiento paralelo
- Ciclobanda, en zona de estacionamiento con tiempo parcial exclusivo para la circulación de ciclistas
- Ciclocalle
- Ciclocalle, con tiempo parcial de uso por parte de los ciclistas

A continuación se expone el procedimiento indicado en los párrafos anteriores.

E.1 Diagrama de flujo n°1

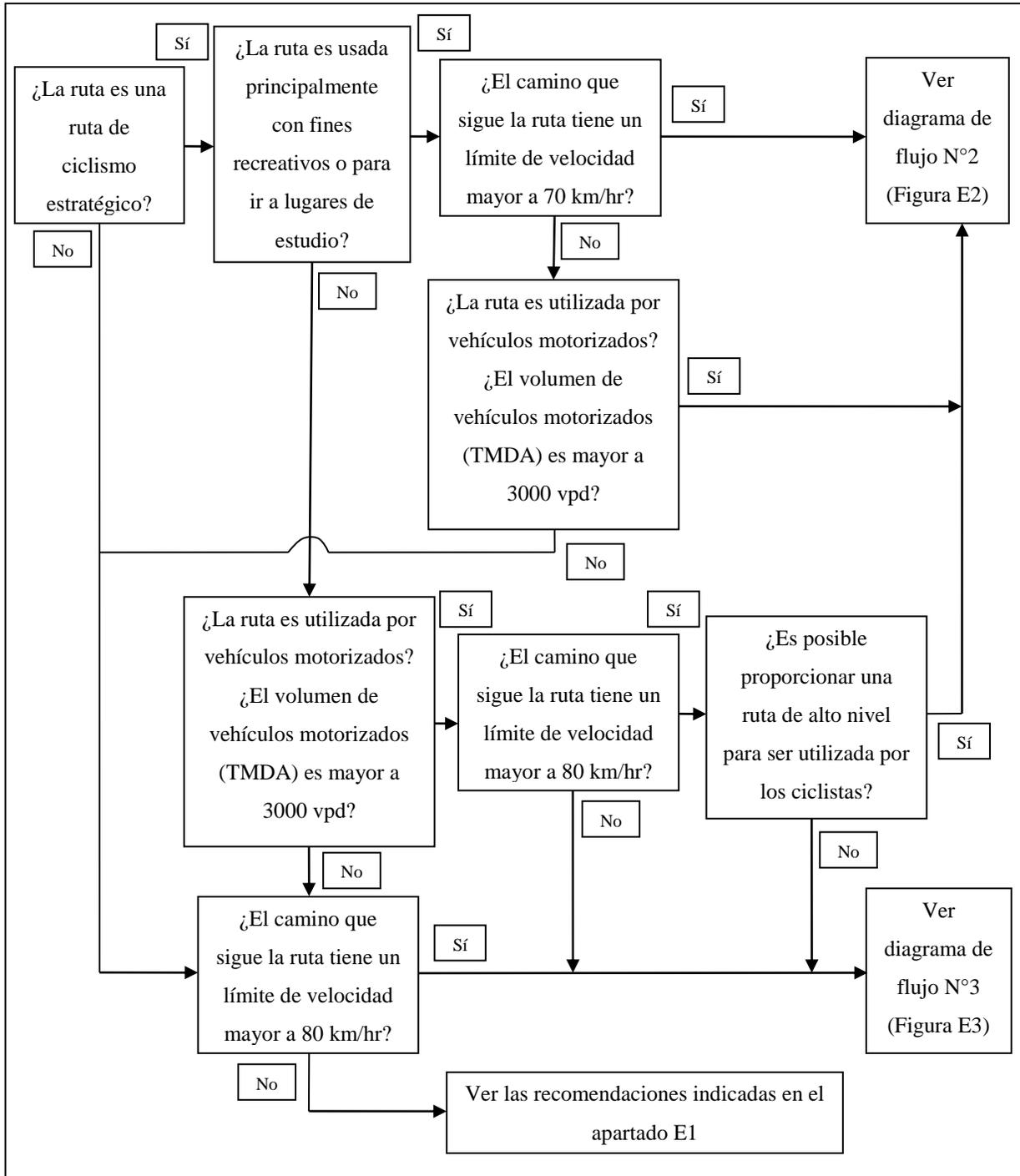


Figura E1. Diagrama de flujo N°1

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

Apartado E1:

1. Asegure condiciones satisfactorias locales incluyendo:
 - Seguridad
 - Conectividad
 - Rutas hacia y alrededor de escuelas
 - Otros generadores de viajes de bicicleta
2. Revisión detallada debería realizarse en:
 - Rutas para ciclistas inexpertos
 - Rutas estratégicas de ciclistas
 - Donde exista altos flujos de ciclistas
3. Ciclobandas o ciclovías pueden ser apropiados en estas circunstancias
4. Debería considerarse la posibilidad del uso de tratamientos de “asesoramiento” para rutas estratégicas de bicicletas, por ejemplo uso de símbolos en el pavimento, entre otros.

Notas Figura E1:

1. El propósito de la pregunta principal es determinar la probabilidad de ciclistas inexpertos que utilizan la vía, ya que se necesitará un mayor nivel de protección cuando el flujo de estos es alto.
2. Las condiciones de flujo de vehículos se basa en el volumen del flujo, así como las velocidades del flujo. Una alternativa, es proporcionar un límite de volumen de flujo específico. La pregunta ¿la ruta es usada para los desplazamientos del flujo motorizado? reconoce que las rutas para desplazamiento de flujo motorizado se asocian a menudo por condiciones de flujo agresivos. Estas condiciones son de preocupante para usuarios más vulnerables como son los ciclistas.
3. Un volumen de flujo de vehículos motorizados de 3000 por día es ampliamente considerado como el más alto nivel a partir del cual debe hacerse una implementación solo para el ciclista, en vista del nivel de la tensión experimentada por estos.
4. Hay ocasiones en el que el uso diario de dos vías por el flujo de vehículos no es suficiente para definir las condiciones de la carretera por la cual los ciclistas estarían expuestos.
5. Ver la sección 6.4.1 (pág. 77 del Guide to Traffic Engineering Practice Part14 – Bicycles) para las características de un trazado de trayecto exitoso.

6. El diagrama no pretende disuadir la implementación de ciclobanda incluyendo las de bajo volumen, baja velocidad en calles locales, cuando se puede requerir como parte de una ruta estratégica o para ciclistas jóvenes y sin experiencia.

E.2 Diagrama de flujo n°2

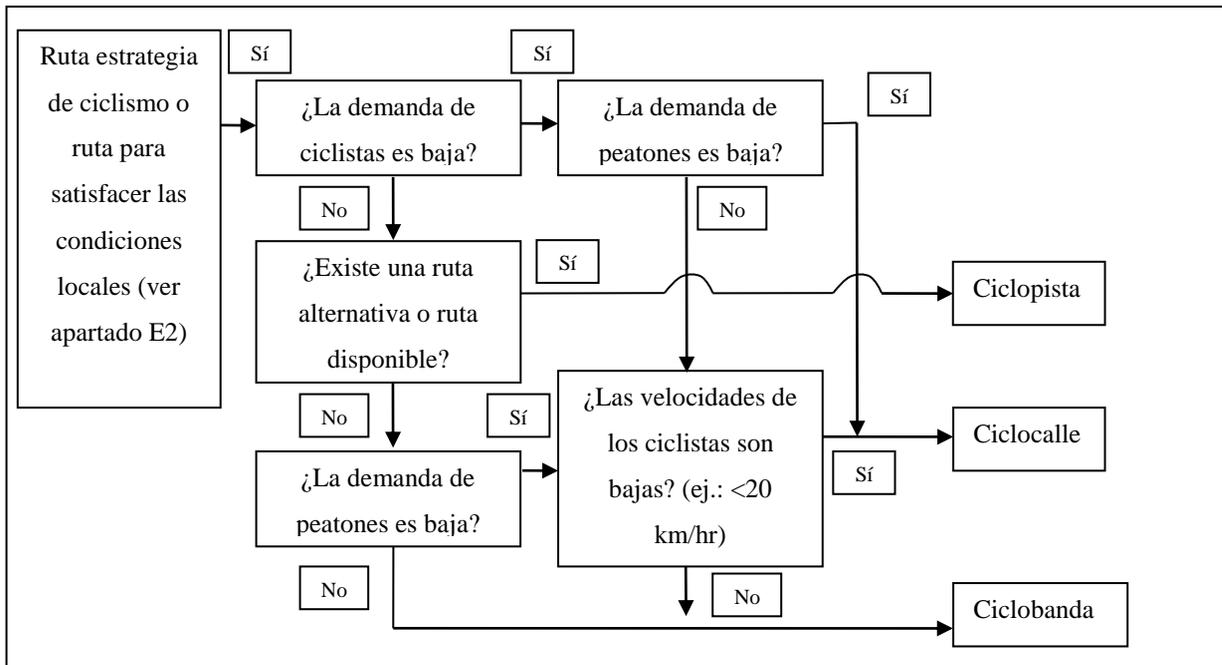


Figura E2. Diagrama de flujo N°2

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

Apartado E2:

Algunos ejemplos de ruta estratégica son:

- Conexiones a rutas estratégicas
- Conectividad en general
- Opción para ciclistas en zona de congestión
- Lograr una ruta más corta para ciclistas
- Evitar una o varias intersecciones de la carretera
- Para la recreación (por ejemplo, una conexión a la reserva)
- Asegurar accesos seguros a las escuelas, universidades, etc.
- Ruta alternativa para los niños, recreacionales o inexpertos, donde no existe solución satisfactoria en el camino

- Lograr un cómodo acceso a las instalaciones de la comunidad tales como centros deportivos y centros comerciales
- Donde ninguna solución viables exista en el camino
- Ayudar a los ciclistas para evitar pendientes pronunciadas o largas.

Notas Figura E2:

1. El nivel de demanda puede ser evaluado generalmente sobre la base de los períodos puntas de un día típico como sigue a continuación:
 - Bajo demanda: el uso poco frecuente del camino (menos de 10 usuarios por hora);
 - Alta demanda: El empleo regular en ambas direcciones de viajes (más de 50 usuarios por hora).
2. Estos volúmenes de ruta son sugeridos para limitar la incidencia de conflicto entre los usuarios, y son considerablemente inferiores a la capacidad de las principales tipos de rutas.

Soluciones Figura E2:

De la Figura E2 se sugieren 3 tipos soluciones, las cuales son:

- Área mixta: se utiliza cuando existe una demanda tanto de peatones como de bicicleta, pero donde la intensidad de uso, no se espera que sea suficientemente alta para proporcionar instalaciones separadas.

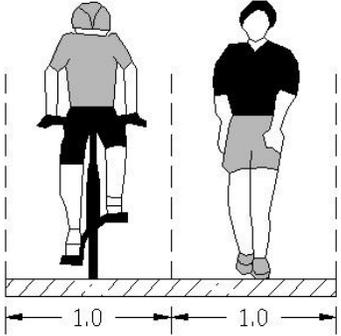
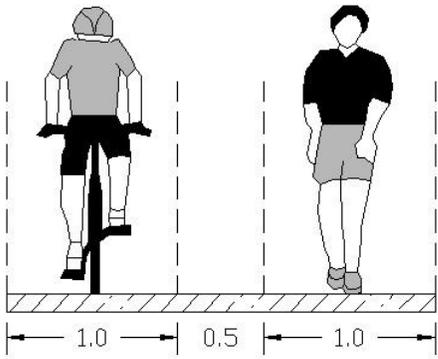
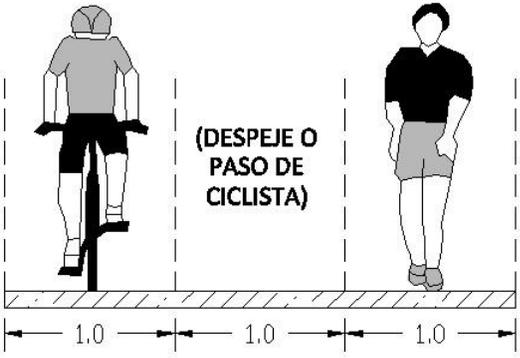
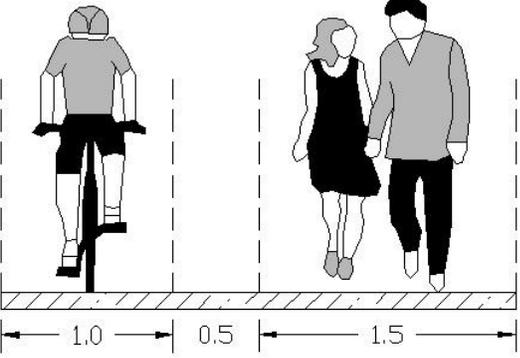
Los anchos recomendados para una implementación de área mixta se muestran en Tabla E1 y en Tabla E2 se presentan diferentes esquemas con sus respectivos anchos.

Tabla E1. Ancho de Área Mixta para Figura E2.

	Ancho de la ciclocalle (m)		
	Local	Comunitario	Recreacional
Deseable	2,5	3,0	3,5
Rango aceptable	2,0-2,5	2,0-3,5	3,0-4,0

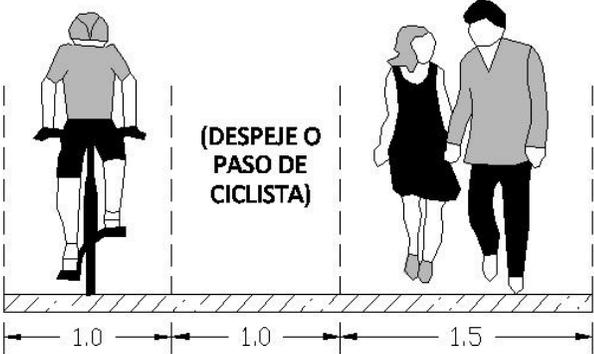
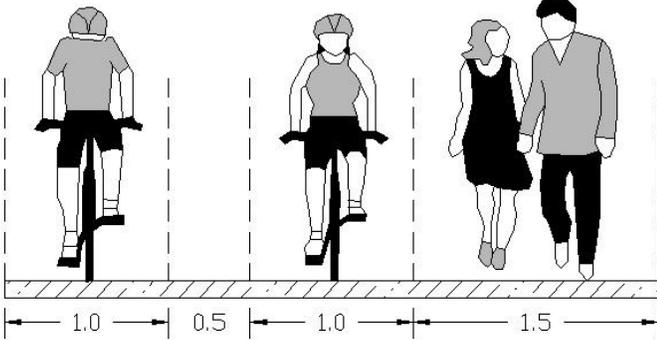
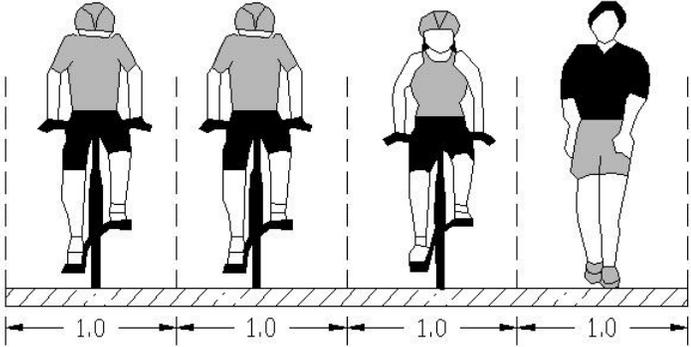
Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

Tabla E2. Esquemas para Distintos Escenario de Área Mixta con sus Respetivos Anchos.

Posible Escenario	Propósito principal de la cicloruta	Esquema
A	1) Local y comunitario 2) Uso bajo 3) Espacio limitado	
B	1) Local y comunitario 2) Uso Regular 3) 20 km/h	
C	1) Comunitario 2) Uso frecuente y simultaneo en ambos sentidos 3) 30 km/h o velocidades mayores	
D	1) Recreacional 2) Uso regular 3) 20 km/h	

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

Tabla E2. Esquemas para Distintos Escenario de Área Mixta con sus Respetivos Anchos (continuación).

Posible Escenario	Propósito principal de la cicloruta	Esquema
E	1) Comunitario y recreacional 2) Uso frecuente y simultaneo en ambos sentidos 3) 30 km/h o velocidades mayores	
F	1) Recreacional principal 2) Uso intensivo y simultaneo en ambos sentidos 3) 20 km/h	
G	1) Recreacional principal 2) Paseos frecuentes en grupo 3) Uso intensivo y simultaneo en ambos sentidos 4) Baja velocidad debido a la congestión	

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

- **Ciclobanda:** camino donde los ciclistas y peatones están obligados a utilizar diferentes zonas de ruta. Estas áreas son generadas por el uso de marcas en el pavimento, superficies de contraste y la colocación de señales reguladoras. Se justifican únicamente cuando hay un gran número de peatones y ciclistas que deseen utilizar la ruta.

En la ciclobanda los anchos recomendados son:

Tabla E3. Ancho de Ciclobanda para Figura E2.

	Ancho de la ciclobanda (m)		
	Vía ciclista	Acera	Total
Deseable	2,5	2,0	4,5
Rango aceptable	2,0-3,0	1,5 o mayor	3,5 o mayor

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

- **Ciclovías:** esta solución permite viajar más rápido y es la más deseable de las alternativas fuera de la calzada, sobre todo para rutas cercanas. Las ciclovías son apropiadas donde: la demanda de los ciclistas es significativa y muy pocos peatones desean utilizar la ruta, demanda alta de ciclistas y el ancho de camino es demasiado estrecho para su uso compartido, entre otras.

Tabla E4. Ancho de Ciclovía para Figura E2.

	Ancho de la ciclovía (m)	
	Locales	Principales
Deseable	2,5	3,0
Rango aceptable	2,0-3,0	2,0-3,0

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

E.3 Diagrama de flujo n°3

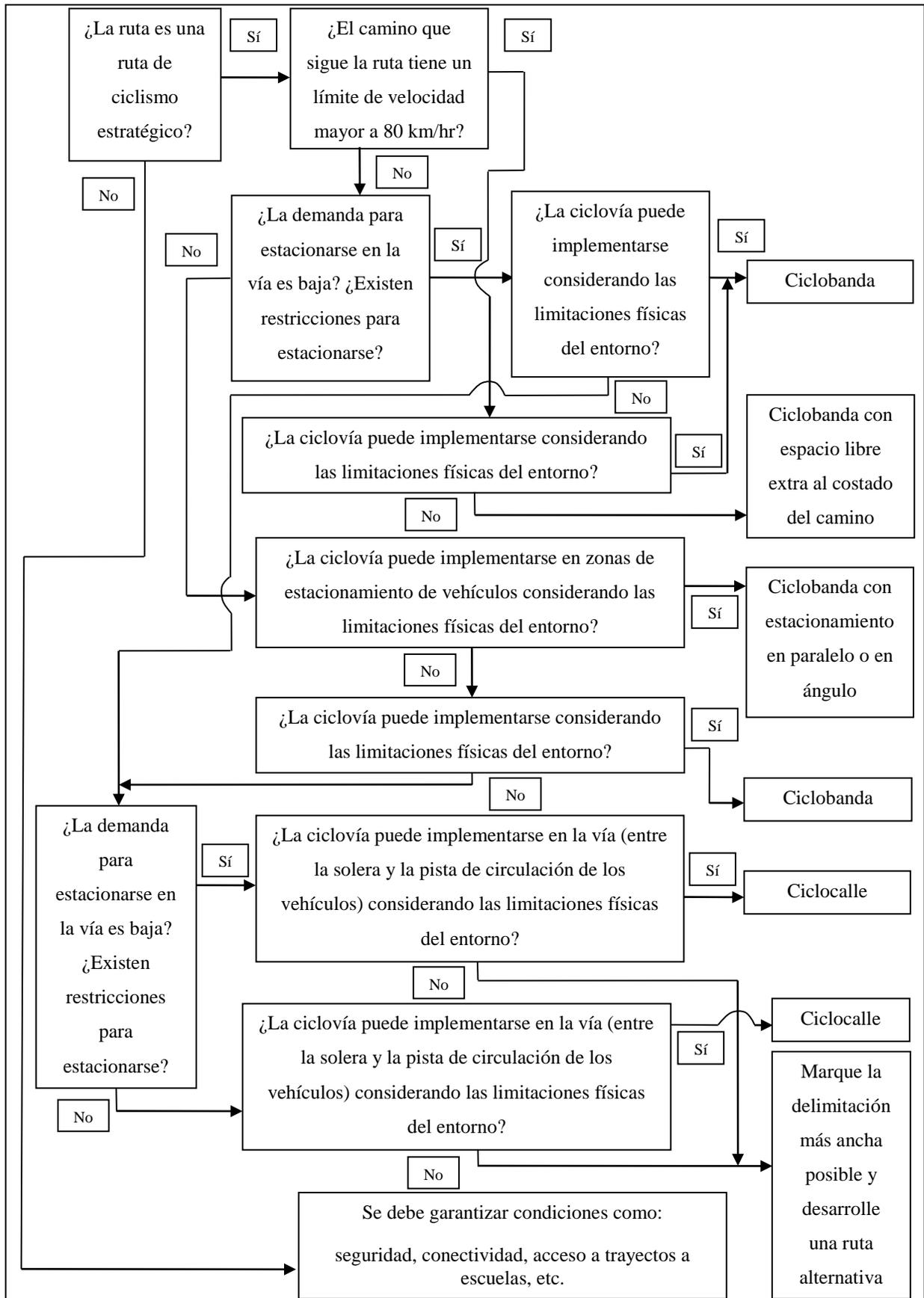


Figura E3. Diagrama de flujo N°3

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

Notas Figura E3:

1. En general, las soluciones se organizan en torno a las preferencias deseadas para la solución (ciclobanda la prioridad más alta). El de orden preferencia puede variar según el lugar o región.
2. Consulte la Sección 4.3.2 (pág. 19 del Guide to Traffic Engineering Practice Part14 – Bicycles) y las secciones respectivas sobre los requisitos de construcción de las instalaciones de ciclobandas (también mencionado en la Figura E3), para el asesoramiento en la obtención de espacio para llevar a cabo dicha instalación.
3. La opción para el espacio libre al costado de la vía se encuentra en una posición privilegiada en la tabla y no se enumera por orden de preferencia. En general, esta opción es aplicable a los caminos rurales donde las velocidades de circulación de flujo de vehículos son altas, los volúmenes de bicicleta son bajos y el costo de una solución de pista separada (es decir, desde la carretera) es poco probable que se justifica.
4. En la utilización de las soluciones a tiempo parcial, se debe tener cuidado en garantizar las condiciones razonables de existir para el ciclistas al estar fuera de los períodos en las que estas soluciones se encuentran en operación (ver sección 4.4.1, pág. 20 en Guide to Traffic Engineering Practice Part14 – Bicycles).
5. El uso compartido de la vía entre ciclistas y vehículos en zonas de velocidades de 80 km/h (o más) es relativamente estresante para muchos ciclistas. Generalmente no es posible proporcionar ciclobandas o una pista al lado izquierda de una anchura satisfactoria. En estos casos, independientemente de si una ruta alternativa puede ser identificada y desarrollada, es esencial maximizar el ancho de la pista del lado izquierda. En zonas de velocidad limitada a 60 kmh, numerosos ciclistas prefieren evitar anchos de pistas entre 3,0 y 3,7 metros (Loder y Bayly, 1989).
6. Se requiere una evaluación cuidadosa en las carreteras, además de marcar la pista más amplia. Medidas adicionales deben ser consideradas incluyendo:
 - (a) la disposición de la superficie de más alta calidad de 1,5 metros de la solera
 - (b) la disposición de la superficie de más alta calidad de 1,5 metros de la solera
 - (c) implementar secciones de acceso a la acera en caso de que el ciclista la necesita por peligro en la vía
 - (d) ciclovías de dirección única en el borde de la carretera (sección 6.6.2.2, pág. 86 del Guide to Traffic Engineering Practice Part14 – Bicycles).

Soluciones con sus respectivos anchos Figura E3:

- Ciclobanda: se encuentra generalmente en el lado izquierdo de la carretera, creada por demarcaciones y señales de ciclorutas.

El ancho adoptado por las ciclobandas puede variar en función del número de ciclistas, la velocidad del flujo de vehículos motorizados, el volumen de vehículos de gran tamaño y la capacidad de disponer del espacio suficiente teniendo en cuenta las necesidades de otros grupos de usuarios de las carreteras, las limitaciones físicas y las limitaciones presupuestarias.

Sin embargo, a continuación se ofrece anchos posibles:

- 3,0 metros es el ancho máximo absoluto es deseable cuando circulan vehículos con alta velocidad (por ejemplo, 100 km/h) y vehículos de gran tamaño son parte importante del flujo de vehículos o donde la demanda por el ciclismo es tan grande que este ancho se requiere por motivos operacionales.
- 2,0 metros es deseable cuando el flujo de vehículos adyacente se mueve a alta velocidad (por ejemplo 100 km / h) y hay pocos vehículos de gran tamaño o donde las velocidades son moderados (por ejemplo, 80 km/h) y el volumen de vehículos grandes es sustancial.
- 1,5 metros es el ancho deseable para ser utilizado a lo largo de la longitud de una pista, con velocidad 60 km/h.
- 1,2 metros es el ancho mínimo absoluto que se utilizará a lo largo de una ciclobanda y sólo se debe utilizar cuando la prestación de una pista más ancho es impracticable, en una zona de velocidad 60 km/h.
- 1,0 metros de ancho sólo es admisible en circunstancias especiales donde no es posible conseguir un ancho más deseable, donde la velocidad es inferior a los 60 km/h o donde se genere una intersección, entre otros casos.

Tabla E5. Ancho de Ciclobanda para Figura E3.

Velocidad de la vía (km/h)	Ancho de la ciclobanda (m)		
	60	80	100
Deseable	1,5	2,0	2,5
Rango aceptable	1,2-2,0	1,8-2,7	2,0-3,0

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

- **Ciclocalle:** es una pista de flujo normal en el lado izquierdo de la calzada, de ancho suficiente para permitir a los ciclistas viajar junto a la principal corriente de flujo de vehículos motorizados y permitir a los automovilistas adelantar ciclistas sin tener que cambiar efectivamente de pista. Esta solución es generalmente adecuada en las zonas de velocidad de 70 km/h o menos. No se requiere signos especiales ni marcas en el pavimento.

Un estudio de la solución ciclocalles (Loder y Bayly, 1989) indicó que estos deben tener entre 3,7 a 4,2 metros de ancho con el fin de ser satisfactorio para los ciclistas. Este estudio, sin embargo, se llevó a cabo sólo en carreteras que tienen una velocidad máxima de 60 km/h. Por lo general la ciclocalle debe ser implementada sólo por caminos con límite de velocidad hasta 70 km/h. En las zonas de mayor velocidad, la solución preferida es ciclobandas. Sin embargo, pueden ser considerados en zonas de 80 km/h si no es posible conseguir una ciclobanda, y con ancho 4,0-4,5 metros si este puede ser proporcionado.

La Tabla E6 indica los anchos aceptables a una velocidad de 60 km/h (a menos que se indique lo contrario) para ciclocalles, que se resume a continuación:

- 3,7 metros es el ancho mínimo absoluto. Esta anchura es sólo adecuado en zonas de 60 km/h, donde las velocidades de funcionamiento son generalmente menores que el límite fijado y una pista más ancha no es factible.
- 4,0 metros es el ancho mínimo deseable ya que proporciona 1,0 metro de holgura entre un vehículo o un camión grande y el ciclista, en el supuesto de que los vehículos permanecen en la pista de la izquierda y los camiones invaden 0,6 metros la pista de circulación adyacente.
- Ancho de 4,2 metros es deseable, ya que permite una holgura adecuada de 1,0 metro al camión de gran tamaño, invadiendo marginalmente en la pista de circulación adyacente.
- Ancho de 4,5 metros permite al camión adelantar con distancia de holgura de 1,0 metros sin interrumpir al ciclista. Esta anchura permite también espacios libres adecuados para velocidades de camiones de hasta 80 km/h si invadir a la pista de circulación adyacente.
- Donde una pista está delimitado por soleras a ambos lados, una ciclovía de 4,5 metros de ancho deseable.
- Donde una carretera tiene curvas regulares o cuando un número alto de vehículos pesados utilizan la carretera, una ciclovía de 4,5 metros es la anchura deseada. Cuando las curvas son muy cerradas, ciclovías es la solución preferida por ciclistas.

Tabla E6. Ancho de Ciclocalle para Figura E3.

Velocidad de la vía (km/h)	Ancho de la ciclocalle (m)	
		60
Deseable	4,2	4,5
Rango aceptable	3,7-4,5	4,3-5,0

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

Notas de la Tabla E6:

1. El límite de velocidad es el que se utiliza, salvo que la velocidad percentil 85 sea conocida y a la vez significativamente mayor.
2. La interpolación de los límites de diferentes velocidades es aceptable.
3. El ancho de la pista se mide normalmente de la solera del lado izquierda adyacente. El ancho de los canales en las carreteras (que comprende un medio de superficie diferente) debe ser inferior a 0,4 metro, en donde se utilizan las dimensiones mínimas. Los valores de la Tabla E6 supone condiciones de superficie de alta calidad. Cuando las condiciones de la superficie son malas (sección 8.5.1, pág. 133 del Guide to Traffic Engineering Practice Part14 – Bicycles) en un tramo de la carretera junto a la solera, entonces el ancho de la ciclocalle deberá ser medido desde el borde exterior de dicha sección.

Este manual comenta diversos criterios de diseño vial para las ciclorutas. De interés particular es recomendable proporcionar separaciones entre el flujo de ciclistas y vehículos motorizados para proporcionar un nivel de comodidad a los ciclistas además se debe tener en cuenta la fuerza del viento ejercida por vehículos pesados. Estas recomendaciones se proporcionan en la Tabla E7.

Tabla E7. Distancia entre Instalaciones de Ciclorutas y Pistas de Vehículos.

Velocidad (km/h)	Espacio o distancia entre ciclorutas y pistas (m)
60	1,0
80	1,5
100	2,0

Fuente: Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles (1999).

Además el manual sugiere que los siguientes factores requieren una consideración cuidadosa al momento de elegir la solución apropiada y sus anchos respectivos:

- a) Condiciones de estacionamiento
- b) Velocidad del vehículo motorizado
- c) Volumen de vehículo motorizado
- d) Bicicletas / estacionamiento en ancho de vereda
- e) Volumen de Bicicleta
- f) Ancho de pista vehículos motorizados
- g) Porcentaje de vehículos pesados
- h) Alineación del Camino

ANEXO F:
SÍNTESIS DE CRITERIOS NORMATIVOS

ANEXO F: SÍNTESIS DE CRITERIOS NORMATIVOS

Se presenta a continuación un resumen de los criterios influyentes en la decisión del tipo de solución de cicloruta para cada normativa analizada.

Tabla F1. Resumen de Criterios de Selección de Tipo de Cicloruta según Normativa Estudiada.

Criterio	Valores umbrales	Consideraciones / Recomendaciones	Fuente	País
Volumen de vehículos motorizados	<p><u>Suburbana:</u> El flujo vehicular es irrelevante.</p> <p><u>Interurbana:</u> Con un flujo vehicular superior a 500 veh/día se recomienda segregar ciclistas de vehículos, teniendo como límite 3.000 veh/día para discernir entre ciclobanda o cicloruta.</p>	En general, las carreteras orientadas a la movilidad (por ejemplo arteriales) requieren instalaciones para bicicletas (ciclobanda o ciclovías) mientras que las orientadas a los accesos (residenciales y locales) no lo requieren, ya que las velocidades previstas son bajas. Asimismo, carreteras orientadas a ambas funciones (movilidad y accesos) exigen alguna instalación para los ciclistas.	Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic	Holanda
	Los ciclistas deben contar con un espacio exclusivo para su adecuado funcionamiento cuando el volumen vehicular sea alto, es decir, superior a 3.000 veh/día en una sola pista, independiente de la velocidad vehicular		Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles	Australia
	El volumen de vehículos se clasifica en 3 grupos: - Alto: <100 veh/h - Medio: 101 - 300 veh/h - Bajo: >301 veh/h		Manual de Carreteras Volumen 6	Chile
	El volumen de los vehículos se clasifica en 5 grupos: - Muy alto: >10.000 veh/día - Alto: 8000-10000 veh/día - Medio: 3.000-8.000 veh/día -Bajo: 1.500-3.000 veh/día -Muy Bajo: <1.500 veh/día		London Cycling Design Standards	Inglaterra - Londres
	El volumen se divide en: -Calles y colectores locales: <10.000 veh/día - Alto tráfico: >10.000 veh/día		National Cycle Manual	Irlanda

Fuente: Elaboración propia.

Tabla F1. Resumen de Criterios de Selección de Tipo de Cicloruta según Normativa Estudiada (continuación).

Criterio	Valores umbrales	Consideraciones / Recomendaciones	Fuente	País
Velocidad de vehículos motorizados	<p><u>Suburbana:</u> Para velocidades sobre 50 km/h se considera siempre una segregación tipo ciclovías.</p> <p><u>Interurbana:</u> Para velocidades de 60 km/h, la segregación dependerá del flujo vehicular, mientras que sobre 80 km/h el flujo vehicular es irrelevante, considerándose siempre una cicloruta paralela a la calzada.</p>		Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic	Holanda
	Se considera una velocidad superior a 70 km/h para usar una segregación tipo ciclovías fuera de la calzada, independiente del volumen vehicular.		Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles	Australia
	Para velocidades menores a 50 km/h, se consideraran soluciones tipo ciclobanda o ciclovías, que dependerán del flujo de ciclistas y vehicular. Mientras que para velocidades superiores a 50 km/h, se considera una solución tipo ciclovías con una franja de seguridad entre la calzada vehicular y la cicloruta.		Manual de Carreteras Volumen 6	Chile
	<p>Las velocidades se agrupan en 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta: >64 km/h - Media: 48-64 km/h -Baja: 32-48 km/h -Muy Baja: <32 km/h 	Para velocidades altas, independiente del flujo se recomienda la solución tipo ciclovías. Para velocidades bajas y medias el tipo de solución dependerá del volumen vehicular.	London Cycling Design Standards	Inglaterra - Londres
	<p>Las velocidades se clasifican en 4 categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta: 60-80 km/h - Distribuidor Local: 50-60 km/h -Estándar Urbana: 30-50 km/h - Baja: <30 km/h 	<p>La segregación tipo ciclovías se recomienda cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Zona Urbana: velocidad superior a 50km/h. -Carretera: velocidad superior a 60 km/h. <p>Para velocidades inferiores, el tipo de segregación dependerá del volumen vehicular.</p>	National Cycle Manual	Irlanda

Fuente: Elaboración propia.

Tabla F1. Resumen de Criterios de Selección de Tipo de Cicloruta según Normativa Estudiada (continuación).

Criterio	Valores umbrales	Consideraciones / Recomendaciones	Fuente	País
Volumen de ciclistas		La intensidad de ciclistas no es una variable que interviene en la decisión del tipo de solución a utilizar, no obstante es un indicador de nivel de uso de la cicloruta y además permite determinar el ancho de ésta.	Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic	Holanda
	Se distinguen dos tipos de demanda de ciclistas: Baja: <10 b/h Alta: >50 b/h	Estos volúmenes limitan la incidencia de conflictos entre ciclistas y peatones.	Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles	Australia
	El volumen de ciclistas se clasifica en 3 grupos: - Bajo: <10 veh/h - Medio: 11 - 20 veh/h - Alto: >21 veh/h	Se considera una solución tipo ciclobanda para flujo de ciclistas bajos y medios, independiente del flujo vehicular. Mientras que para flujo de ciclistas altos, se recomienda una solución tipo ciclovías.	Manual de Carreteras Volumen 6	Chile
Franja de seguridad	En condiciones de alta velocidad, se recomienda un ancho de seguridad entre calzada y ciclovías, cuyo valor depende de la velocidad: 100 km/h – 2,8 m 90 km/h – 2,2 m 80 km/h – 2,0 m 70 km/h – 1,7 m 60 km/h – 1,4 m	Este ancho es recomendado para minimizar el efecto del viento que provocan los vehículos en los ciclistas.	Manual de Carreteras Volumen 6	Chile
	Para soluciones tipo ciclovías se considera una berma separadora entre calzada y cicloruta, cuya distancia mínima es 0,35 m en zonas urbanas y en fuera de zonas urbanas: 100 km/h - 10 m 80 km/h - 4,5 m 60 km/h - 1,5 m	Este ancho es recomendado para minimizar el efecto del viento que provocan los vehículos en los ciclistas.	Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic	Holanda
	Se recomienda un ancho de separación entre tráfico vehicular y bicicletas, cuyo valor depende de la velocidad: 100 km/h – 2,0 m 80 km/h - 1,5 m 60 km/h – 1,0 m		Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles	Australia

Fuente: Elaboración propia.

Tabla F1. Resumen de Criterios de Selección de Tipo de Cicloruta según Normativa Estudiada (continuación).

Criterio	Valores umbrales	Consideraciones / Recomendaciones	Fuente	País
Habilidad de usuarios y propósito del viaje		El uso significativo de los ciclistas niños, principiantes, etc. normalmente garantiza la consideración de instalaciones de ciclovías.	Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles	Australia
Conflictos con peatones	Se considera un valor de 100 p/h como no conflictivo para circular con ciclistas, mientras que sobre 200 p/h es imposible combinarlos. En el intervalo de éstos, es necesario utilizar algún tipo de demarcación que indique la separación de ambos.		Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic	Holanda
	Se distinguen dos tipos de demanda de peatones: Baja: <10 b/h Alta: >50 b/h	En el diseño de instalaciones segregadas para ciclistas son consideradas la demanda de peatones y bicicletas para determinar la configuración más adecuada (uso mixto, ciclobanda o ciclovías). Las velocidades de operación de las bicicletas también son consideradas. Lo anterior, pretende minimizar los conflictos entre ciclista y peatón.	Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles	Australia
Ancho mínimo	Para ciclobanda se recomienda un ancho mínimo de 0,75 metros y que el tránsito sea unidireccional, sin posibilidad de adelantamiento. Por otra parte, para ciclovías el ancho mínimo recomendado es de 1,75 m.		National Cycle Manual	Irlanda
	Se recomienda un ancho mínimo de 1,5 m en ciclobanda y 2,4 m en ciclovías.		Manual de Carreteras Volumen 6	Chile
	En ciclobanda se recomienda un ancho mínimo de 1,5 metros y que el tránsito sea unidireccional. Mientras que para ciclovías el ancho mínimo es de 2,0 m.		London Cycling Design Standards	Inglaterra - Londres

Fuente: Elaboración propia.

Tabla F1. Resumen de Criterios de Selección de Tipo de Cicloruta según Normativa Estudiada (continuación).

Ancho mínimo	<p>Para ciclobanda en calzada es recomendable un ancho que depende de la velocidad de los vehículos:</p> <p>60 km/h - 1,2 m 80 km/h - 1,8 m 100 km/h - 2,0 m.</p> <p>Cuando los ciclistas deben compartir la vía con peatones es recomendable un ancho mínimo de 2,0 m. En caso de compartir la vía, pero segregados uno del otro, el ancho mínimo es 3,5 m. Finalmente para ciclovías se recomienda un ancho mínimo de 2,0 m.</p>		<p>Guide to Traffic Engineering Practice Part 14 - Bicycles</p>	Australia
	<p>En ciclobanda se recomienda un ancho mínimo de 2 metros y que el tránsito sea unidireccional. Mientras que para ciclovías el ancho depende de la intensidad de ciclistas:</p> <p><150 b/h - 2,5 m. >150 b/h - 3,5 m.</p>		<p>Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic</p>	Holanda
Elementos de segregación	<p>* Demarcación * Tachas * Tachones * Solera Tipo A * Bandedón mín 0,5 m</p>	<p>Demarcación, tachas y tachones utilizada generalmente para segregar ciclobanda. En tanto para ciclovías, a los elementos anteriores se agregan solera o bandedón.</p>	<p>Manual de Carreteras Volumen 6</p>	Chile
	<p>* Bolardo * Franja angosta pavimentada * Solera de hormigón para ciclovía</p>		<p>Traffic Engineering Desing Manual for Bicycle Traffic</p>	Holanda
	<p>* Demarcación * Solerilla intermitentes * Tachones reflectantes * Soleras</p>		<p>London Cycling Design Standards</p>	Inglaterra - Londres
	<p>* Solerilla * Soleras * Bolardo * Demarcaciones * Barreras de Protección</p>		<p>National Cycle Manual</p>	Irlanda

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO G:
GRÁFICO PARA SOLUCIÓN PRELIMINAR DE
COMBINACIÓN CICLISTA-VEHÍCULO

ANEXO G: GRÁFICO PARA SOLUCIÓN PRELIMINAR DE COMBINACIÓN CICLISTA-VEHÍCULO

La realización del gráfico presentado en el capítulo 4 del cuerpo principal se basó de las normativas extranjeras analizadas, utilizando los criterios más repetitivos de éstas, como se muestra en la Tabla G1.

Tabla G1. Umbrales de criterios de normativas extranjeras

Solución	V85% (km/h)	TMDA (veh/día)
Ciclocalle	<60	<3.000
Cilobanda	<60	>3.000
	>60	<3.000
Ciclovia	>70	Irrelevante
	>60	>3.000

Posteriormente se ampliaron los intervalos de V85% y TMDA, basándose en gráficos y tablas de las normativas analizadas, para visualizar de mejor manera las soluciones entregadas en la Tabla G1, corrigiendo aquellas soluciones que no se adaptaban a realidad nacional como se puede observar en la Tabla G2.

Tabla G2. Umbrales internacionales con soluciones de cicloruta adaptados a realidad nacional

		V85%				
		<50 (km/h)	50 – 60 (km/h)	60 – 70 (km/h)	70 – 80 (km/h)	>80 (km/h)
TMDA	<1500 (veh/día)	Ciclocalle	Ciclobanda	Ciclobanda	Ciclobanda Ciclovía	Ciclobanda Ciclovía
	1500 – 3000 (veh/día)	Ciclocalle	Ciclobanda	Ciclobanda	Ciclobanda Ciclovía	Ciclobanda Ciclovía
	3000 – 5000 (veh/día)	Ciclobanda	Ciclobanda	Ciclovía	Ciclovía	Ciclovía
	5000 – 7000 (veh/día)	Ciclobanda	Ciclobanda	Ciclovía	Ciclovía	Ciclovía
	7000 – 10000 (veh/día)	Ciclobanda	Ciclobanda	Ciclovía	Ciclovía	Ciclovía
	>10000 (veh/día)	Ciclobanda Ciclovía	Ciclobanda Ciclovía	Ciclovía	Ciclovía	Ciclovía

De la Tabla G2 se obtuvo un gráfico preliminar que se ajustó a los TMDA más frecuentes en las carreteras y vías suburbanas en Chile, considerando también las velocidades más comunes de éstas vías, teniendo en consideración la velocidad promedio de un ciclista. Finalmente, luego de los ajustes realizados al gráfico preliminar se obtuvo como resultado la Figura 5 del cuerpo principal.

ANEXO H:
APLICACIÓN DE METODOLOGÍA, RUTA 0-60 CABRERO-
MONTE ÁGUILA

ANEXO H: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA RUTA 0-60 CABRERO-MONTE ÁGUILA

La aplicación de la metodología, presentada en el punto 5.1 del cuerpo principal, implicó el cálculo de algunas de las variables involucradas. Esto se presenta a continuación.

H.1 Determinación de Volumen de Tránsito

El volumen de tránsito, expresado como TMDA, se obtuvo de la información entregada por el censo 2008 y 2010 a través de la página web de vialidad. Con la información del año 2008 y 2010 presentadas en la Tabla H1 y Tabla H2 respectivamente, se obtuvieron las tasas de crecimiento de los diferentes tipos de vehículos para posteriormente proyectar los datos al año 2013.

Tabla H1. Información de tránsito 2008 Tramo Cabrero-Monte Águila

Estación de control	Nombre del camino		Rol
08-125-01	1 CAMINO	CABRERO MONTE AGUILA	RUTA O60
	2 DE/A	DIRECTO	
	3 LUGAR	PUENTE COHUICO	
TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL			2.257

Tabla H1. Información de tránsito 2008 Tramo Cabrero-Monte Águila (continuación)

Muestra	Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remolques	Remolques	Buses - Taxibuses	Total 24 horas
V	873	666	222	77	46	77	194	2.155
I	760	851	194	74	24	29	279	2.211
P	1.075	813	146	61	47	71	192	2.405
DIS. %	39,99	34,47	8,30	3,13	1,72	2,61	2,82	

Tabla H2. Información de tránsito 2010 Tramo Cabrero-Monte Águila

Estación de control	Nombre del camino		Rol
08-125-01	1 CAMINO	CABRERO MONTE AGUILA	RUTA O60
	2 DE/A	DIRECTO	
	3 LUGAR	PUENTE COHUICO	
TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL			2.951

Tabla H2. Información de tránsito 2010 Tramo Cabrero-Monte Águila (continuación)

Muestra	Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remolques	Remolques	Buses - Taxibuses	Total 24 horas
V	1.063	924	250	38	34	53	248	2.610
I	1.405	1.253	306	90	34	45	313	3.446
P	1.250	872	257	31	26	112	250	2.798
DIS. %	41,99	34,43	9,18	1,79	1,06	2,37	9,15	

Tabla H3. Promedio TMDA por tipo de vehículo

	Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remolques	Remolques	Buses - Taxibuses	Total 24 horas
TMDA2008 (veh/día)	903	777	562	71	39	59	222	2.633
TMDA2010 (veh/día)	1.239	1.016	271	53	31	70	270	2.950

Para el cálculo de la tasa de crecimiento de los vehículos se aplica la Ecuación H1, cuyos resultados se aprecian en la Tabla H4.

$$t = \left(\frac{TMDA_{2010}}{TMDA_{2008}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \quad \text{(Ecuación H1)}$$

Tabla H4. Tasa de crecimiento por tipo de vehículo

Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remol-ques	Remol-ques	Buses - Taxibuses
0,17	0,14	0	0	0	0,09	0,1

Nota: Para resultados negativos, se asume un valor igual a 0

Luego, se determina el TMDA del año 2013 mediante la Ecuación H2, presentando los resultados en la Tabla H5.

$$TMDA_{2013} = TMDA_{2010} * (1 + t)^3 \quad (\text{Ecuación H2})$$

Tabla H5. TMDA para año 2013

Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remol-ques	Remol-ques	Buses - Taxibuses	TMDA año 2013
1.991	1.519	271	53	31	91	362	4.318

Finalmente el volumen de tránsito para el año 2013 es 4.318 (veh/día).

H.2 Determinación de V85%

Para la determinación de la Velocidad del percentil 85 se utilizó la información entregada por Mejias (2012). De un total de 80 muestras de velocidad tomadas a vehículos livianos y pesados durante el día, en la Ruta O-60 Cabrero Monte Águila, se obtuvo lo expresado en la Tabla H6.

Tabla H6. Velocidad de Veh. Pesados y Livianos en Ruta O-60.

Nº	Velocidad [km/h]	Nº	Velocidad [km/h]
1	51	41	74
2	51	42	74
3	53	43	75
4	58	44	75
5	58	45	75
6	60	46	75
7	61	47	77
8	61	48	77
9	62	49	78
10	62	50	78
11	63	51	80
12	63	52	81
13	63	53	81
14	64	54	81
15	65	55	81
16	65	56	82
17	65	57	82
18	65	58	83
19	65	59	85
20	66	60	85
21	66	61	86
22	66	62	86
23	68	63	87
24	68	64	88
25	68	65	88
26	68	66	88
27	69	67	88
28	69	68	89
29	69	69	91
30	69	70	91
31	70	71	92
32	70	72	96
33	71	73	96
34	71	74	97
35	71	75	97
36	72	76	99
37	72	77	99
38	73	78	99
39	74	79	101
40	74	80	107

Fuente: Mejías (2012).

De la Tabla H6 se aprecia que V85% corresponde a 96 (km/h).

H.3 Determinación de Intensidad de Ciclista

Para determinar la intensidad de ciclistas, se realizaron mediciones el día Lunes 25 de Marzo de 2013, de 07 a 19 horas, en intervalos de 15 minutos. Se establecieron dos puntos de control, uno en las afueras de Cabrero (PC1) y otro en las afueras de Monte Águila (PC2), como se observa en la Figura H1.



Figura G1. Ubicación Puntos de Control

Las mediciones arrojan los siguientes resultados, presentados en las Tablas H7 y H8

Tabla H7. Mediciones de Punto de Control 1

Hora Inicio	Hora Fin	Ciclistas hacia Monte Águila	Ciclistas hacia Cabrero	Total	Total por hora
7:00	7:15	1	0	1	5
7:15	7:30	1	0	1	
7:30	7:45	0	0	0	
7:45	8:00	2	1	3	
8:00	8:15	4	1	5	16
8:15	8:30	3	1	4	
8:30	8:45	2	1	3	
8:45	9:00	2	2	4	

Tabla H7. Mediciones de Punto de Control 1 (Continuación)

Hora Inicio	Hora Fin	Ciclistas hacia Monte Águila	Ciclistas hacia Cabrero	Total	Total por hora
9:00	9:15	2	0	2	9
9:15	9:30	2	1	3	
9:30	9:45	1	1	2	
9:45	10:00	2	0	2	
10:00	10:15	2	1	3	8
10:15	10:30	1	1	2	
10:30	10:45	1	1	2	
10:45	11:00	1	0	1	
11:00	11:15	0	0	0	5
11:15	11:30	1	1	2	
11:30	11:45	1	1	2	
11:45	12:00	1	0	1	
12:00	12:15	1	1	2	9
12:15	12:30	0	0	0	
12:30	12:45	3	1	4	
12:45	13:00	2	1	3	
13:00	13:15	1	0	1	3
13:15	13:30	1	0	1	
13:30	13:45	0	1	1	
13:45	14:00	0	0	0	
14:00	14:15	1	0	1	9
14:15	14:30	1	1	2	
14:30	14:45	1	1	2	
14:45	15:00	2	2	4	
15:00	15:15	2	1	3	11
15:15	15:30	2	1	3	
15:30	15:45	1	1	2	
15:45	16:00	1	2	3	
16:00	16:15	1	1	2	7
16:15	16:30	0	1	1	
16:30	16:45	0	1	1	
16:45	17:00	1	2	3	
17:00	17:15	1	2	3	9
17:15	17:30	1	1	2	
17:30	17:45	0	2	2	
17:45	18:00	1	1	2	
18:00	18:15	1	1	2	12
18:15	18:30	2	2	4	
18:30	18:45	1	3	4	
18:45	19:00	0	2	2	

Tabla H8. Mediciones de Punto de Control 2

Hora Inicio	Hora Fin	Ciclistas hacia Monte Águila	Ciclistas hacia Cabrero	Total	Total por hora
7:00	7:15	0	0	0	2
7:15	7:30	0	1	1	
7:30	7:45	0	0	0	
7:45	8:00	0	1	1	
8:00	8:15	1	1	2	9
8:15	8:30	2	1	3	
8:30	8:45	1	2	3	
8:45	9:00	0	1	1	
9:00	9:15	1	0	1	5
9:15	9:30	1	0	1	
9:30	9:45	2	0	2	
9:45	10:00	0	1	1	
10:00	10:15	0	1	1	6
10:15	10:30	1	2	3	
10:30	10:45	0	1	1	
10:45	11:00	1	0	1	
11:00	11:15	2	0	2	8
11:15	11:30	1	0	1	
11:30	11:45	1	1	2	
11:45	12:00	2	1	3	
12:00	12:15	0	1	1	10
12:15	12:30	2	2	4	
12:30	12:45	1	1	2	
12:45	13:00	2	1	3	
13:00	13:15	2	1	3	8
13:15	13:30	0	2	2	
13:30	13:45	1	1	2	
13:45	14:00	1	0	1	
14:00	14:15	0	0	0	5
14:15	14:30	1	1	2	
14:30	14:45	1	2	3	
14:45	15:00	0	0	0	
15:00	15:15	1	0	1	6
15:15	15:30	0	1	1	
15:30	15:45	1	2	3	
15:45	16:00	0	1	1	
16:00	16:15	0	1	1	4
16:15	16:30	1	0	1	
16:30	16:45	1	0	1	
16:45	17:00	0	1	1	

Tabla H8. Mediciones de Punto de Control 2 (Continuación)

Hora Inicio	Hora Fin	Ciclistas hacia Monte Águila	Ciclistas hacia Cabrero	Total	Total por hora
17:00	17:15	1	1	2	6
17:15	17:30	0	0	0	
17:30	17:45	1	0	1	
17:45	18:00	2	1	3	
18:00	18:15	1	1	2	7
18:15	18:30	1	0	1	
18:30	18:45	1	0	1	
18:45	19:00	2	1	3	

De las Tablas H7 y H8, se observa que la intensidad de bicicletas es 16 (b/h).

H.4 Determinación de ancho disponible

Para estimar el ancho disponible del tramo en estudio, se trabajó con la topografía del sector proporcionada por la Consultora MSTD, quién se encuentra realizando el Proyecto de “Diseño de Ciclovía Ruta O-60 Cabrero Monte Águila, Comuna de Cabrero”. La carretera cuenta con un espacio disponible en el sector poniente de 1,6 a 3 metros, mientras que por el sector Oriente, dicho ancho varía entre 4,5 a 6,5 metros. Lo anterior se puede observar en las Figuras H1, H2 y H3.

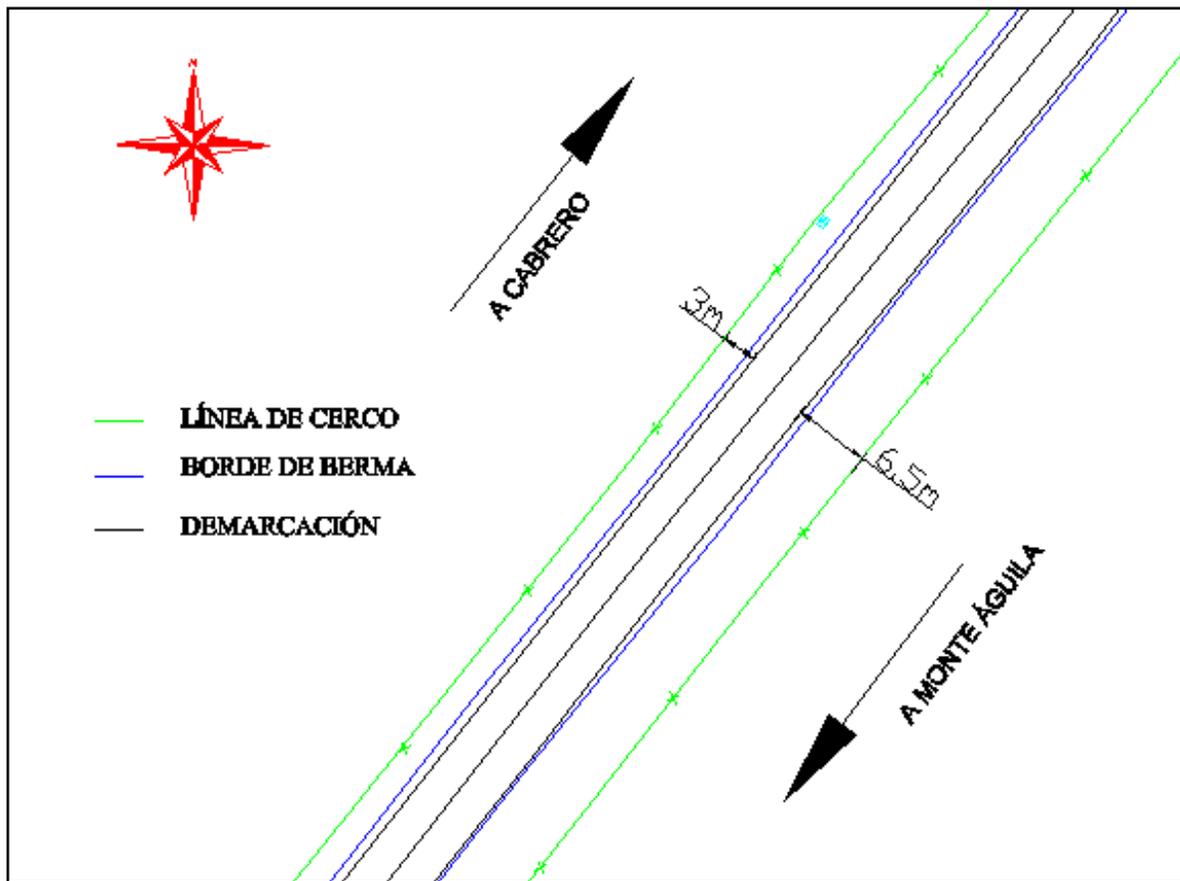


Figura H1. Planta Topográfica Km 0,71 desde Cabrero a Monte Águila (Ancho máximo ambos costados).

Fuente: Consultora MSTD (2013).

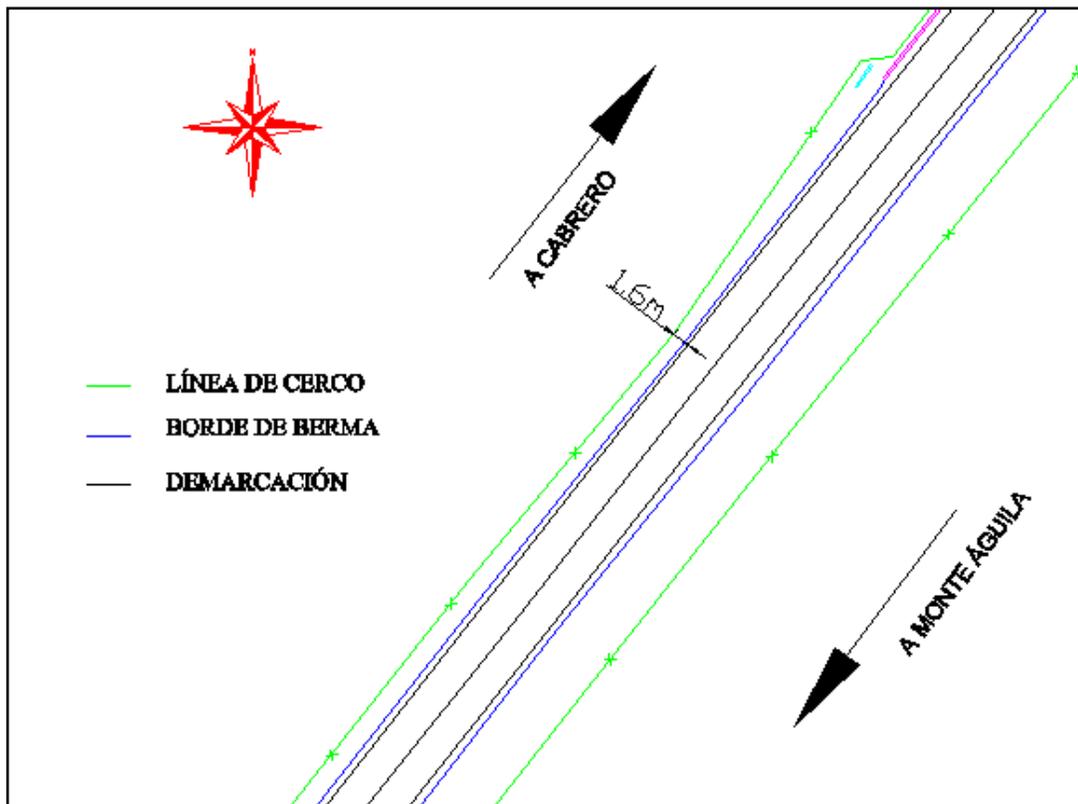


Figura H2. Planta Topográfica Km 3,53 desde Cabrero a Monte Águila (Ancho mínimo sector Poniente).

Fuente: Consultora MSTD (2013).

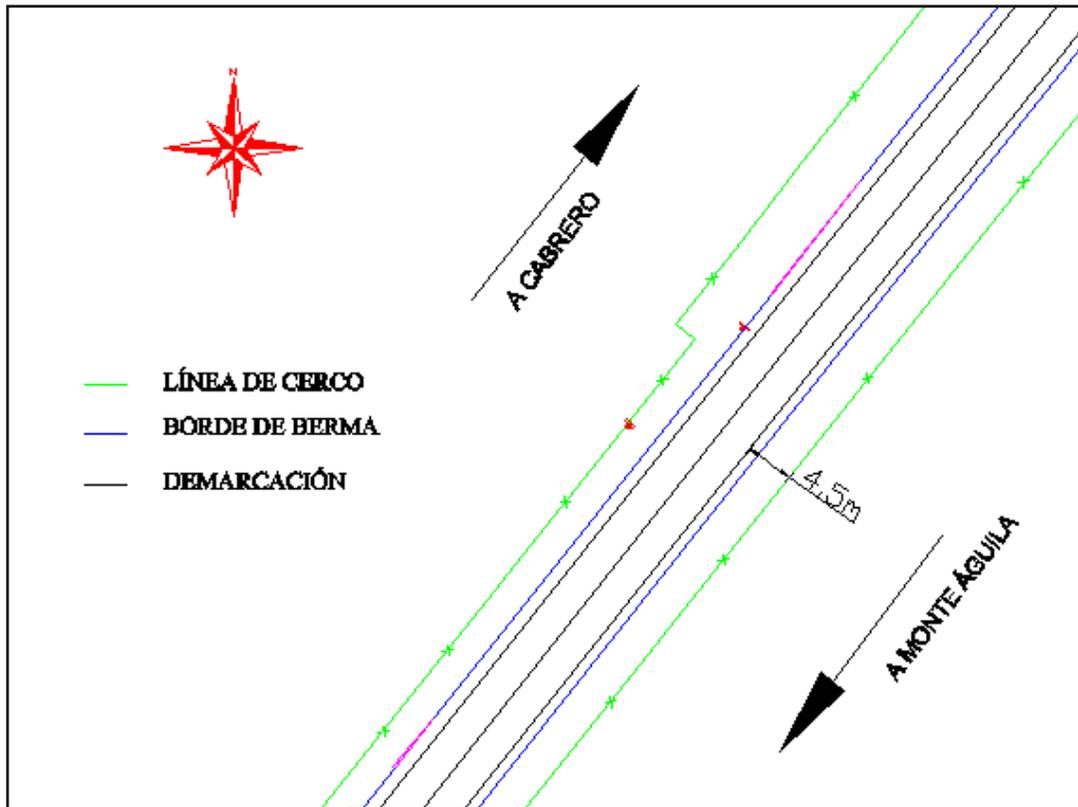


Figura H3. Planta Topográfica Km 5,23 desde Cabrero a Monte Águila (Ancho mínimo sector Poniente).

Fuente: Consultora MSTD (2013).

ANEXO I:
**APLICACIÓN DE METODOLOGÍA RUTA 160, SAN PEDRO DE
LA PAZ- CORONEL**

ANEXO I: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA RUTA 160, SAN PEDRO DE LA PAZ-CORONEL

La aplicación de la metodología para el caso de aplicación en Ruta 160 entre San Pedro de la Paz- Coronel, presentada en el punto 5.2 del cuerpo principal, implicó el cálculo de algunas de las variables involucradas. Esto se presenta a continuación.

I.1 Determinación de Volumen de Tránsito

El volumen de tránsito, expresado como TMDA, se obtuvo de la información entregada por el censo 2008 y 2010 a través de la página web de vialidad. Con la información del año 2008 y 2010 presentadas en la Tabla I1 y Tabla I2 respectivamente, se obtuvieron las tasas de crecimiento de los diferentes tipos de vehículos para posteriormente proyectar los datos al año 2013.

Tabla I1. Información de tránsito 2008 Tramo Concepción-Lota

Estación de control	Nombre del camino		Rol
08-054-01	1 CAMINO	CONCEPCIÓN LOTA	RUTA 160
	2 DE/A	DIRECTO	
	3 LUGAR	15 KM CORONEL	
TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL			24.723

Tabla I1. Información de tránsito 2008 Tramo Concepción-Lota (continuación)

Muestra	Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remolques	Remolques	Buses - Taxibuses	Total 24 horas
V	11.340	5.449	1.896	1.293	1.497	1.009	2.867	25.351
I	10.859	5.279	1.968	419	2.207	787	1.805	23.324
P	11.438	5.414	2.064	644	1.947	917	3.069	25.493
DIS. %	52,47	21,76	7,99	3,17	7,61	3,65	10,43	

Tabla I2. Información de tránsito 2010 Tramo Concepción-Lota

Estación de control	Nombre del camino		Rol
08-054-01	1 CAMINO	CONCEPCIÓN LOTA	RUTA 160
	2 DE/A	DIRECTO	
	3 LUGAR	15 KM CORONEL	
TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL			27.476

Tabla I2. Información de tránsito 2010 Tramo Concepción-Lota (continuación)

Muestra	Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remolques	Remolques	Buses - Taxibuses	Total 24 horas
V	15.399	5.819	2.298	1.689	1.055	680	2.478	29.418
I	12.617	5.524	2.350	780	1.071	389	2.584	25.315
P	13.329	6.121	2.285	1.319	1.219	666	2.755	27.694
DIS. %	50,15	21,18	8,41	4,59	4,05	2,10	9,48	

Tabla I3. Promedio TMDA por tipo de vehículo

	Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remolques	Remolques	Buses - Taxibuses	Total 24 horas
TMDA2008 (veh/día)	11.212	5.381	1.976	785	1.884	904	2.580	24.722
TMDA2010 (veh/día)	13.782	5.821	2.311	1.323	1.115	578	2.606	27.536

Para el cálculo de la tasa de crecimiento de los vehículos se aplica la Ecuación I1, cuyos resultados se aprecian en la Tabla I4.

$$t = \left(\frac{TMDA_{2010}}{TMDA_{2008}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \quad \text{(Ecuación I1)}$$

Tabla I4. Tasa de crecimiento por tipo de vehículo

Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remol-ques	Remol-ques	Buses - Taxibuses
0,109	0,04	0	0	0	0	0,005

Nota: Para resultados negativos, se asume un valor igual a 0

Luego, se determina el TMDA del año 2013 mediante la Ecuación I2, presentando los resultados en la Tabla I5.

$$TMDA_{2013} = TMDA_{2010} * (1 + t)^3 \quad (\text{Ecuación I2})$$

Tabla I5. TMDA para año 2013

Autos Station	Camionetas	Cam 2 ejes	Cam + 2 ejes	Semi Remol-ques	Remol-ques	Buses - Taxibuses	TMDA año 2013
18.783	6.549	2.311	1.323	1.115	578	2.646	33.305

Finalmente el volumen de tránsito para el año 2013 es 33.305 (veh/día).

I.2 Determinación de V85%

Para la determinación de la Velocidad del percentil 85 se utilizó la información entregada por la Consultora MSTD (2013). De un total de 60 muestras de velocidad tomadas a vehículos livianos y pesados durante el día, en la Ruta 160 entre Coronel y San Pedro de la Paz en la altura del kilómetro 5, se obtuvo lo expresado en la Tabla I6.

Tabla I6. Velocidad de Veh. Pesados y Livianos en Ruta 160.

Nº	Velocidad [km/h]	Nº	Velocidad [km/h]
1	39	31	67
2	44	32	67
3	52	33	68
4	53	34	68
5	53	35	69
6	53	36	69
7	54	37	69
8	55	38	70
9	55	39	70
10	57	40	71
11	58	41	72
12	58	42	73
13	58	43	74
14	58	44	75
15	58	45	75
16	59	46	75
17	61	47	76
18	61	48	76
19	61	49	76
20	61	50	76
21	63	51	76
22	63	52	76
23	64	53	79
24	64	54	80
25	64	55	80
26	64	56	82
27	64	57	82
28	66	58	83
29	66	59	86
30	67	60	102

Fuente: Consultora MSTD (2013).

De la Tabla I6 se aprecia que V85% corresponde a 76 (km/h).

I.3 Determinación de Intensidad de Ciclista

Para determinar la intensidad de ciclistas, se realizaron mediciones el día Lunes 1 de Abril de 2013, de 07 a 19 horas, en intervalos de 15 minutos. Se estableció un punto de control, ubicado en el kilómetro 5 de la Ruta 160.

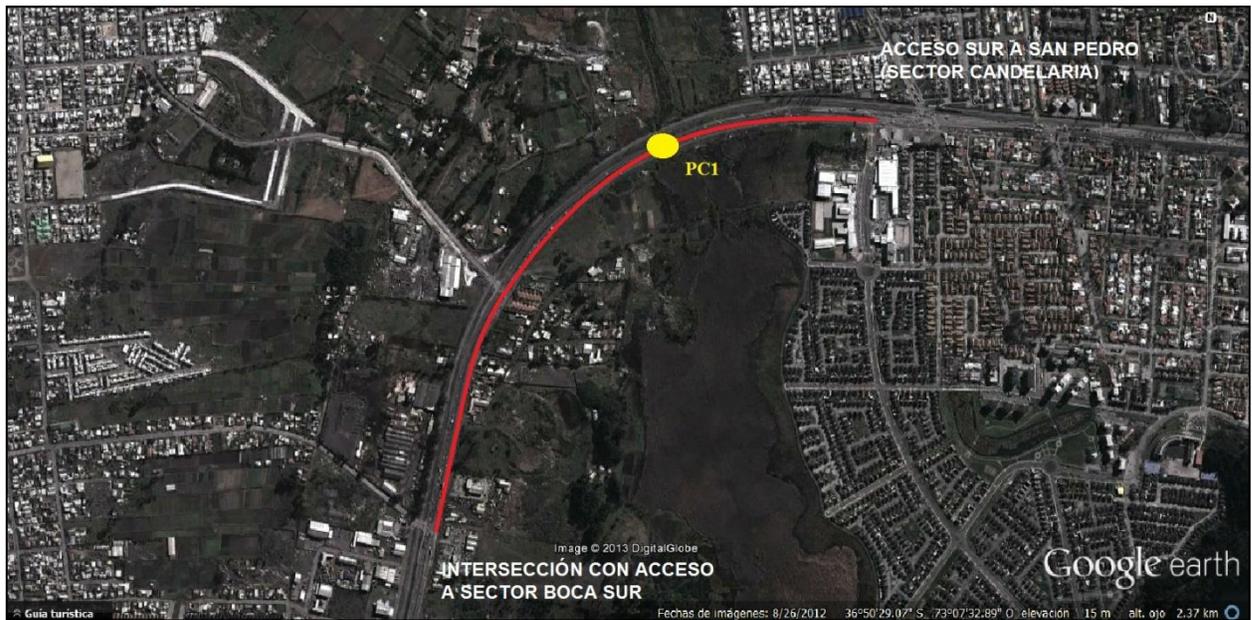


Figura I1. Ubicación Punto de Control

Las mediciones arrojan los siguientes resultados, presentados en la Tabla I7.

Tabla I7. Mediciones de Punto de Control 1

Hora Inicio	Hora Fin	Ciclistas	Total por hora
7:00	7:15	16	80
7:15	7:30	22	
7:30	7:45	22	
7:45	8:00	20	
8:00	8:15	21	66
8:15	8:30	20	
8:30	8:45	10	
8:45	9:00	15	
9:00	9:15	11	59
9:15	9:30	9	
9:30	9:45	20	
9:45	10:00	19	
10:00	10:15	5	27
10:15	10:30	7	
10:30	10:45	9	
10:45	11:00	6	
11:00	11:15	5	17
11:15	11:30	7	
11:30	11:45	4	
11:45	12:00	1	
12:00	12:15	3	9
12:15	12:30	0	
12:30	12:45	2	
12:45	13:00	4	
13:00	13:15	2	13
13:15	13:30	6	
13:30	13:45	3	
13:45	14:00	2	
14:00	14:15	5	19
14:15	14:30	7	
14:30	14:45	4	
14:45	15:00	3	

Tabla I7. Mediciones de Punto de Control 1 (Continuación)

Hora Inicio	Hora Fin	Ciclistas	Total por hora
15:00	15:15	2	16
15:15	15:30	3	
15:30	15:45	5	
15:45	16:00	6	
16:00	16:15	7	21
16:15	16:30	5	
16:30	16:45	5	
16:45	17:00	4	
17:00	17:15	10	40
17:15	17:30	5	
17:30	17:45	10	
17:45	18:00	15	
18:00	18:15	6	86
18:15	18:30	15	
18:30	18:45	30	
18:45	19:00	35	

De la Tabla I7, se observa que la intensidad de bicicletas es 86 (b/h).

I.4 Determinación de ancho disponible

Para estimar el ancho disponible del tramo en estudio, se realizó mediciones en la zona de la calzada Oriente de la Ruta 160, entre la salida sur de San Pedro de la Paz (sector Candelaria) y el acceso sector Boca Sur.

La carretera cuenta con un espacio disponible en el sector Oriente de 9,9 a 15,1 metros.