




Artículo de Investigación

Hacia una movilidad sostenible: Metodología de evaluación para la incorporación de carriles de bicicleta en la infraestructura vial de Cuenca

Towards a sustainable mobility: Evaluation methodology for the incorporation of bicycle lanes in the road infrastructure of Cuenca

Enrique Flores-Juca¹, Estefanía Mora-Arias¹, Jessica Chica¹

¹ Grupo de Investigación CITMOV, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 010201; enrique.flores@ucuenca.edu.ec; jessica.chica@ucuenca.edu.ec

*Correspondencia: estefania.mora@ucuenca.edu.ec

Citación: Flores-Juca, E.; Mora-Arias, E. & Chica, J., (2024). Hacia una movilidad sostenible: Metodología de evaluación para la incorporación de carriles de bicicleta en la infraestructura vial de Cuenca. *Novasinerгия*. 7(1). 20-39.

<https://doi.org/10.37135/ns.01.13.02>

Recibido: 08 agosto 2023

Aceptado: 20 noviembre 2023

Publicado: 10 enero 2024

Novasinerгия
ISSN: 2631-2654

Resumen: Este estudio presenta una metodología innovadora para evaluar la viabilidad de transformar la infraestructura vial convencional en Cuenca, Ecuador, en un sistema de movilidad sostenible mediante la inclusión de carriles para bicicletas. La metodología se compone de cinco etapas distribuidas en dos momentos clave: la recopilación y definición de parámetros, basados en una revisión bibliográfica exhaustiva, y el análisis de ejes viales seleccionados de acuerdo con los parámetros de estudio: sección de la calzada, pendiente de ciclovía y población potencialmente beneficiada. La valoración de la infraestructura vial se basa en una escala de seis categorías desde 1 representa la situación ideal y 0 la situación límite. Esta investigación se centra en las vías que conectan los subcentros periurbanos con el centro urbano, con el objetivo de fomentar el uso seguro de la bicicleta como medio de transporte en una ciudad intermedia de los Andes de América Latina, Cuenca en Ecuador. El análisis de los cuatro ejes viales propuestos revela la vía con las condiciones óptimas para la incorporación de una ciclovía en su estado actual.

Palabras clave: Bicicleta, Ciclovía, Infraestructura vial, Planificación del transporte, Subcentros periurbanos.

Abstract: This study presents a methodology to assess the feasibility of turning a conventional road infrastructure for the circulation of motorized vehicles into a sustainable mobility system through the incorporation of bicycle lane. The methodology includes five stages developed in two key moments: the collection and definition of parameters based on a literature review and, the analysis of selected road axes according to the study parameters: roadway section, bicycle lane slope and potentially benefited population. The assessment of the road infrastructure is based on six categories ranging from 1 to 0, where 1 represents the ideal situation and 0 the limit situation. The study will be carried out on the roads connecting the peri-urban sub-centers with the urban center, with the objective of promoting the safe use of bicycles as a means of transportation in an intermediate city in the Andes of Latin America, Cuenca in Ecuador. The study of the four proposed road axes indicates which road presents the optimal conditions for the incorporation of a bicycle lane in its current conditions.

Keywords: bicycle, bicycle lanes, road infrastructure, transportation planning, peri-urban sub-centers.



Copyright: 2024 derechos otorgados por los autores a Novasinerгия.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia de Creative Commons Attribution (CC BY NC).

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducción

Las ciudades latinoamericanas enfrentan importantes retos en temas de movilidad (Ríos, Taddia, Pardo & Lleras, 2015), debido a que sus infraestructuras han provocado transformaciones en las urbes. Por otro lado, desde la segunda mitad del siglo XX, el incremento de la tasa de motorización es el principal problema de la contaminación mundial (Gonzalo-Orden et al., 2014), a pesar de los esfuerzos por desincentivar y limitar el uso del vehículo. Esto lleva al reconocimiento de la importancia de optar por modos de transporte no motorizados para mejorar la calidad de vida de la población (Zayed, 2016). Es así que se ha puesto sobre la mesa la necesidad de incentivar formas de movilizarse más sostenibles (Zayed, 2016; Makarova, Boyko & Almetova, 2020; Suárez Lastra, Galindo-Pérez & Murata, 2016; Eltit, 2011) como la bicicleta.

Según la Organización Mundial de la Salud, para adultos sanos entre 18 y 64 años, a menos que su estado médico recomiende lo contrario, se aconseja mínimo 150 minutos semanales de actividad física moderada o en viajes (a pie o en bicicleta) y se aconseja aumentar hasta 300 minutos (Organización Mundial de la Salud, 2010). Teniendo en cuenta que la velocidad promedio de un ciclista es 20 km/h (Secretaría de Salud de los Estados Unidos de México, 2016), se considera a la bicicleta como apropiada para viajes cortos de 30 minutos o menos (Noland & Ishaque, 2006). Cabe mencionar que la mayoría de los viajes en ciudades intermedias son inferiores a 10 km (Puig, 1999), por lo tanto, la bicicleta es el modo de transporte más rápido para alcanzar destinos a 5 km de distancia (Carse, Goodman, Mackett, Panter & Ogilvie, 2013; Cano Rodríguez, Montoya Piedrahita & Cárdenas Restrepo, 2018). Sin embargo, cuando se trata de ciclovías segregadas se puede pensar en alcanzar distancias más largas. Es por ello que el optar por el uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano desde y hacia los subcentros periurbanos está directamente relacionado con la distancia de recorrido y el entorno construido (Jáuregui Díaz, Ávila Sánchez & Tovar Cabañas, 2020).

La pandemia de COVID-19 provocó consecuencias sociales y económicas sin precedentes, y cambios sustanciales en los sistemas de salud, energía, agua, transporte y otras infraestructuras críticas. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala como medida emergente el distanciamiento físico para reducir la velocidad de contagios (Leiva, Sathler & Filho, 2020). Es por ello que se debe reconocer a la crisis actual como una oportunidad para generar un cambio estructural resiliente, descarbonizante y equitativo en temas de movilidad (DeWit, Shaw & Djalante, 2020), a través del uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano, puesto que históricamente se ha demostrado que los eventos disruptivos alteran los hábitos arraigados y generan cambios temporales o duraderos (Chiu, Aviso, Baquillas & Tan, 2020).

El desarrollo de una red de ciclovía en las zonas rurales conurbadas es crucial, no solo por el potencial número de viajes; sino por la posibilidad de generar una intermodalidad entre la bicicleta y el transporte público; lo cual depende sin duda de la infraestructura existente (Marqués, Hernández-Herrador, Calvo-Salazar & García-Cebrián, 2015). Es por ello que esta investigación tiene como objetivo desarrollar una metodología que permita evaluar las posibilidades de convertir a una infraestructura vial convencional en una de modalidad

sostenible con la adición de carriles bici, para facilitar y fortalecer el uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano, siempre que las condiciones de las infraestructuras lo permitan. El estudio se realizará sobre las vías que conectan los subcentros periurbanos con el centro urbano, en una ciudad intermedia de los Andes de América Latina, Cuenca en Ecuador, partiendo de la identificación de los factores básicos que faciliten el ciclismo en el territorio de estudio. La selección de los ejes viales que conectan el área urbana de Cuenca en Ecuador y los subcentros periurbanos se debe a la concentración poblacional (43.5 % de la población rural) que reside en estas zonas y que en su mayor parte depende del transporte público.

La metodología propuesta contempla cinco etapas en dos momentos, uno referente a la recopilación y definición de parámetros y otro de análisis y evaluación de información en función de tres parámetros: sección de calzada, pendiente y población beneficiada, cuya calificación se realiza según seis categorías que varían de 1 a 0, siendo uno la situación ideal y cero la situación límite.

Este estudio representa un esfuerzo por contar con una metodología efectiva, de fácil aplicación, reproducible y modificable, partiendo de la planificación diferencial, para ajustarse a las particularidades de los diversos contextos territoriales, ya que tiene como objetivo apoyar la toma de decisiones en la planificación de infraestructura vial para bicicletas sobre vías construidas.

1.1. *La bicicleta como alternativa de transporte*

La bicicleta es un modo de transporte alternativo para cortas y medianas distancias, y en viajes largos en combinación con el transporte público (Arellana, Saltaín, Larrañaga, González & Henao, 2020; Marqués et al., 2015). Un importante grupo de ciclistas opinan que se debe invertir en rutas segregadas para permitir una circulación en velocidades óptima y sin poner en peligro o incomodar a otros modos de movilización; así como la modificación de las estaciones de transporte público, incorporando instalaciones para guardar bicicletas con la finalidad de facilitar la combinación de formas de transporte sostenible (Pettigrew, Nelson, Norman, 2020).

Se han encontrado investigaciones que abordan metodologías para la implementación de infraestructura ciclista, estas presentan factores de análisis que se repiten en la selección de rutas. En resumen, los parámetros a los que hace referencia la literatura especializada incluyen la sección de la calzada, la pendiente de la vía, debido a que los recorridos tratan de evitar pendientes que provocan agotamiento físico y generar un viaje sin mucho esfuerzo físico, y los potenciales usuarios de la bicicleta como transporte cotidiano. También es importante la sensación de seguridad en función de la segregación de vehículos a motor y los factores físicos de la vía como la sección de la infraestructura (Majumdar & Mitra, 2015; Ciclo Ciudades, 2011). A estos se suma la distancia de viaje, considerado como un factor fuertemente asociado con la elección de la bicicleta o el automóvil, evidenciando una mayor posibilidad de elección.

La Asociación de Investigación sobre Carreteras y Transporte de Alemania, señala que la pendiente de una vía es un factor clave para el diseño de una ciclovía, debido a que la

bicicleta es un modo de transporte sin motor, impulsado por el usuario. A la inclinación de la vía se ata la longitud máxima del tramo inclinado, como se observa en la Tabla 1, donde se muestra que lo recomendable para ciclovías son pendientes menores al 3 % por ser consideradas como llanas (FGSV, 2010).

Tabla 1: Pendientes topográficas según longitud de tramo

Pendiente	Longitud máxima tramo
0 – 3 %	Sin límite de longitud
3 – 6 %	500 m
6 – 8 %	250 m
8 – 10 %	90 m
Más del 10 %	30 m

Fuente: FGSV, 2010

Zayed (2016), analiza la relación entre las características de la ciudad y el uso de la bicicleta, y sistematiza los componentes metodológicos utilizados para el cálculo del Índice de Copenhagense (ciudades amigables con las bicicletas). Se calcula según las áreas de: infraestructura para bicicletas, la percepción de seguridad y la calma del tráfico, con base en 12 parámetros: área urbana (km²), población (habitantes), densidad poblacional (hab/km²), forma de la ciudad (área urbana / perímetro), sectores de la ciudad (limitada por elementos naturales), uso del suelo (radio 5 km), longitud vial (km), transporte motorizado, tasa de motorización (vehículos por cada 1000 habitantes), pendiente del terreno, temperatura y precipitación anual. Para el cálculo de la puntuación de una ciudad, se otorga un valor entre cero y cuatro por cada parámetro (Zayed, 2016).

En Sevilla, considerando que las características fundamentales de una ciclovía, sobre vías existentes, debe garantizar: continuidad y conectividad; cohesión y homogeneidad; direccionalidad y visibilidad; comodidad y construcción rápida. Además, definen como criterios de planificación de infraestructura para bicicletas: la segregación del tráfico motorizado, bidireccionalidad (anchura mínima 2.5 m), pavimento y señalización uniforme, y localización.

Ríos, et al., (2015), señala que otro parámetro es la cobertura de infraestructuras (porcentaje de población en un área de influencia de una ciclovía) (Ríos et al., 2015), que dependerá del contexto de análisis. En este sentido, y dejando de lado el tipo de infraestructura, es indispensable su adecuado diseño para garantizar la seguridad de los usuarios. También es importante contar con una ciclovía secundaria de conexión de sectores aledaños con la ciclovía principal.

Un estudio realizado por Suárez et al., (2016), en México, describe que los ciclistas seleccionan sus rutas de acuerdo con la velocidad y cantidad de vehículos que circulan en las vías, dando preferencia a aquellas rutas en las que circulan menos vehículos por la sensación de seguridad que esto produce. En esta investigación se proponen características técnicas a tener en cuenta: ancho de carril, direccionalidad, entre otros criterios de viabilidad técnica (Suárez et al., 2016). Otro estudio realizado en México analiza la relación existente entre las pendientes de las vías y el uso de la bicicleta, se señala que en un rango inferior al 3 % no causan problemas a la circulación ciclista, las mayores al 6 % causan fatiga, y para

las mayores al 9 % se debe considerar un sobre ancho (0.60 m) para que el ciclista pueda bajarse y caminar con la bicicleta en caso de ser necesario (Ciclo Ciudades, 2011).

Un estudio realizado por Eltit (2011) en Chile, indica en su metodología que el uso de la bicicleta como modo de transporte depende tanto de factores subjetivos (aceptabilidad social y sentimiento de inseguridad) y factores objetivos (rapidez, pendiente, clima, etc.). Entre los factores objetivos más relevantes se mencionan las fuertes pendientes (superiores al 6-8 % en largos tramos) y las condiciones climáticas como: vientos, lluvias y calor.

En un estudio aplicado en Francia, plantea una metodología en función de la disponibilidad de información, es decir, el uso de datos abiertos, que permite evaluar de manera general el potencial de implementar una ciclovía, a través del análisis de la pendiente y las distancias percibidas de la red. Si bien se puede suponer que los ciclistas elegirían la ruta más corta posible (tanto en distancia como en tiempo de viaje), sin embargo, esta investigación ha determinado otros factores que influyen en las elecciones de rutas como la pendiente, el volumen del tráfico, el límite de velocidad, el tipo de intersecciones, entre otras.

En Ecuador, el Manual de ciclo-infraestructura y micromovilidad para Ecuador señala que todo carril para bicicleta debe tener un ancho mínimo de 1,4 y toda la ciclo-infraestructura debe cumplir o exceder esa medida mínima. Además, indica tres tipologías de ciclo-infraestructura: temporales (por horas, semanas o meses), permanentes (ligera, compartida y segregación dura) y especiales (en espaldón o chaquiñán) (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2022).

2. Metodología

2.1. Evaluación de infraestructura vial para receptar una ciclovía

La revisión de bibliografía especializada sobre el tema de estudio indica que las características físicas y de estructura urbana de cada ámbito territorial determinan los factores considerados para la adecuación de infraestructura ciclista sobre vías existentes, así como las políticas públicas que motivan el uso de este modo de transporte. En este trabajo se parte de la revisión bibliográfica antes detallada y se definen aquellos atributos que cuentan con información para ser analizados en el caso de estudio.

La metodología propuesta en esta investigación comprendió cinco etapas que se resumen en la Figura 1, y se desarrolló en dos momentos, uno de recopilación y definición de parámetros y otro de análisis de información. Se inició con la definición y caracterización del área y vías de estudio, hasta llegar a la definición de las vías con mayor factibilidad de receptar una ciclovía en un caso específico de estudio.

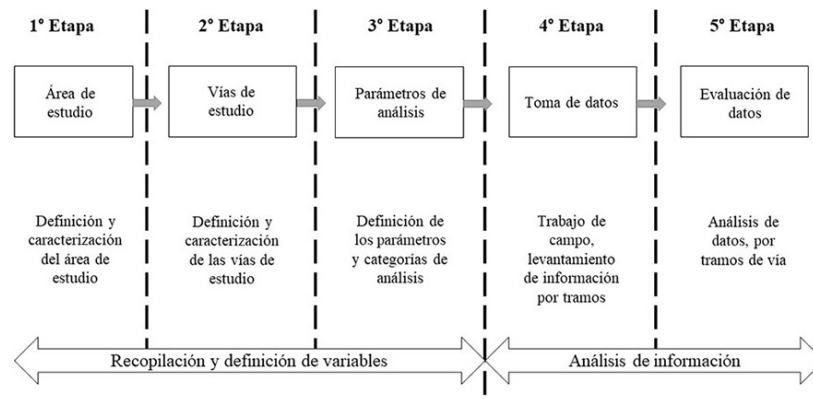


Figura 1: Metodología propuesta para la evaluación de infraestructura vial de ciclovías

3. Resultados

3.1. Etapas 1 y 2: definición y caracterización del área y vías de estudio, caso Cuenca en Ecuador

Esta investigación pretende desarrollar el tema de la factibilidad de la adaptación de las vías que conectan los subcentros periurbanos con el centro urbano, para el uso seguro de la bicicleta como modo de transporte, en una ciudad intermedia de los Andes de América Latina, Cuenca en Ecuador.

En las últimas décadas en América Latina se ha evidenciado que las ciudades intermedias crecieron a una tasa mayor que las ciudades más grandes, siendo más dinámicas y contribuyendo al producto interno bruto de la región en el 30 % (Banco Interamericano de Desarrollo, 2014). Sin embargo, con frecuencia los estudios sobre ciudades hacen referencia a grandes aglomeraciones urbanas, no obstante, la mayor parte de la población habita en ciudades intermedias y pequeñas. Cabe anotar que una ciudad es catalogada como intermedia por su función como mediadores de flujos entre territorios rurales y urbanos (Bellet y Llop, 2004). Estudios sobre ciudades intermedias han demostrado que en urbes de más de 650.000 habitantes el 70 % de la población vive en distancias cercanas en una franja promedio de 3.9 km, que puede ser cubierta a pie o en bicicleta (Azan, 2018).

Esta investigación considera como caso de estudio a Cuenca que es una ciudad situada en un valle interandino de la Sierra de Ecuador, en el cantón del mismo nombre, con una pendiente altamente irregular, entre 2350 y 2580 metros, atravesado por cuatro ríos que definen las terrazas sobre las cuales se desarrolla (Albarracin, 2017; Ortiz, 2019). Es importante destacar que Cuenca ha sido reconocida por la Organización de las Naciones Unidas como una ciudad intermedia en 2015 (El Universo, 2015).

El cantón Cuenca se conforma por 15 parroquias urbanas y 21 rurales (Figura 2), estas últimas cuentan con una cabecera parroquial que constituye el centro administrativo, por lo general concentran la mayor cantidad de población rural y conectadas funcionalmente con el centro urbano a través de un sistema de infraestructura vial que actúan como expansores urbanos, debido a la limitada disponibilidad de suelo urbanizable, produciendo un crecimiento disperso y de baja densidad (BID, 2014).

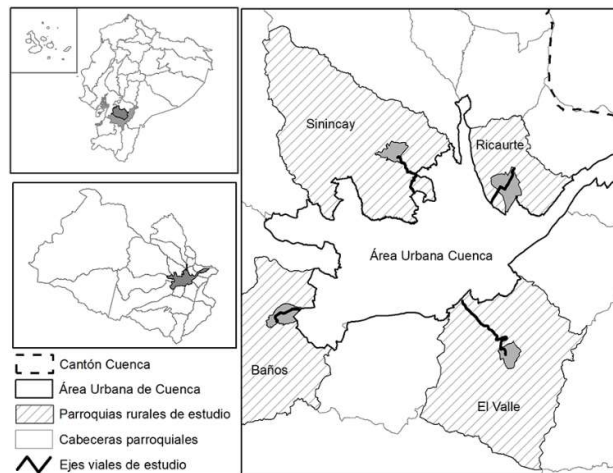


Figura 2: Área de estudio

Los subcentros periurbanos de estudio se definieron en función de la distancia con el centro de la ciudad, lugar de la concentración de bienes, servicios y actividades del cantón, para analizar las vías periurbanas se consideró una distancia de 10 km, siguiendo la red vial existente, esta distancia representa un tiempo de 30 minutos, manteniendo una velocidad de 20 km/h. Dentro de esta cobertura se localizan siete cabeceras urbano-parroquiales, que son los centros urbanos de las parroquias rurales. Cabe señalar que el 60 % de la población rural se moviliza cotidianamente en transporte público (Flores, García, Chica & Mora, 2017), sin embargo, la población que se moviliza caminando o en bicicleta es de apenas el 0.7 % (Figura 3). La planificación del cantón Cuenca considera que, de estas siete cabeceras parroquiales, cuatro son categorizadas como Nodos de Desarrollo. Por tal razón, las vías de estudio son aquellas que conectan las cabeceras parroquiales de Baños, Ricaurte, El Valle y Sinincay con la ciudad de Cuenca, cuyos ejes viales no superan los 5 km de distancia entre sus cabeceras parroquiales y el límite urbano de Cuenca (Figura 4).

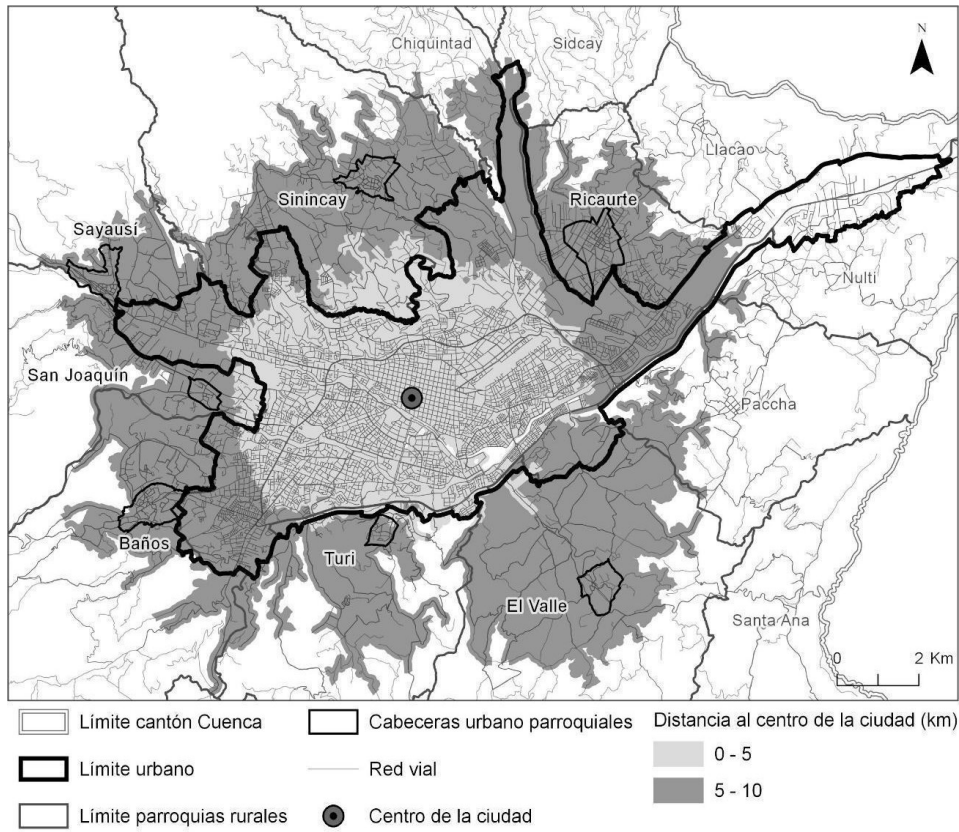


Figura 3: Distancia de las cabeceras urbano-parroquiales al centro de la ciudad de Cuenca

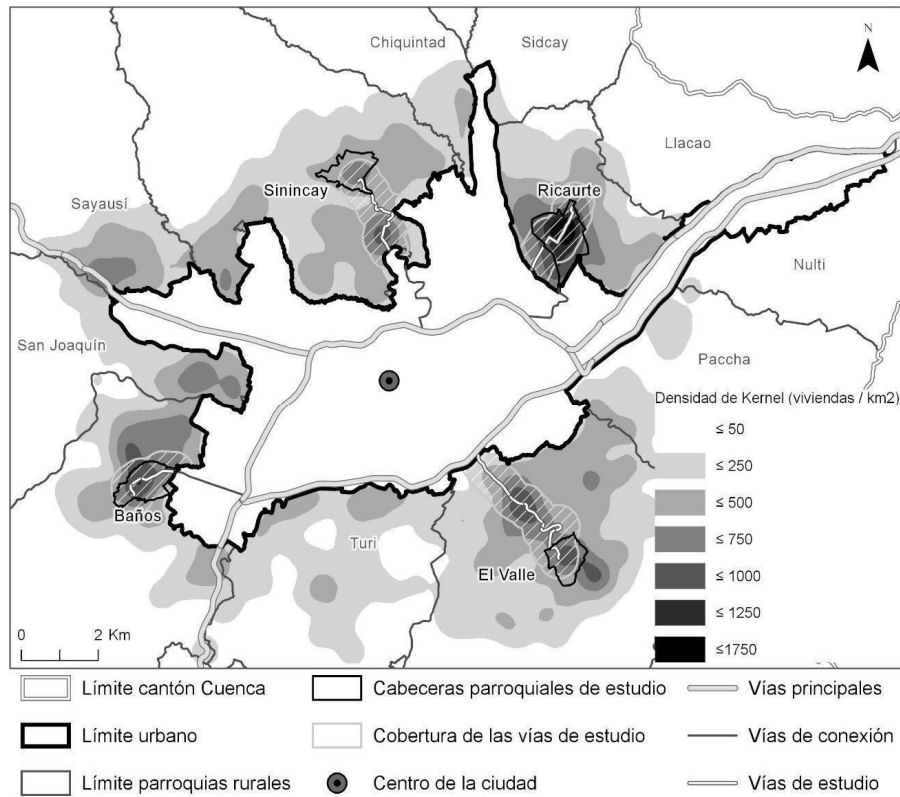


Figura 4: Ejes viales que conectan las cabeceras parroquiales con el área urbana de Cuenca

3.2. Etapa 3: definición de los parámetros y criterios de análisis

Después del abordaje conceptual y metodológico de los casos analizados se elaboró la tabla que define y resume los parámetros con mayor frecuencia, pero además se somete a los criterios de selección. Se concluye con un cuadro resumen de los parámetros a los que se hace referencia con mayor frecuencia en la literatura y se resalta aquellas que se han seleccionado para su análisis (Tabla 2).

Los criterios seleccionados son: a) representatividad, dado por el número de estudios revisados que han considerado un mismo parámetro; b) pertinencia, considerando las características propias de las ciudades latinoamericanas de la cordillera Andina, c) disponibilidad de datos y factibilidad de poder comprobar en situ las características de los ejes viales analizados. Se obtuvieron como resultado tres parámetros de estudio: sección de la calzada, pendiente vial y población beneficiada.

Tabla 2: Resumen de atributos básicos para infraestructura ciclista

No.	Parámetros	Ciclo Ciudades, 2011	Zayed, 2016	Eltit Neumann, 2011	Suárez Lastra et al., 2015	Ríos Flores et al., 2015	Carse et al., 2013	Wysling & Purves, 2022
1	Pendiente de la vía.	X	X	X				X
2	Área urbana		X					
3	Densidad poblacional		X		X			
4	Forma de la ciudad (<i>área urbana / perímetro</i>)		X					
5	Sectores de la ciudad (<i>limitada por elementos naturales</i>)		X					
6	Geografía del uso del suelo		X			X		
7	Distancia de recorrido		X	X			X	X
8	Taza de motorización		X					
9	Temperatura anual		X	X				
10	Precipitación anual		X	X				
11	Ancho de carril - bidireccionalidad				X	X		
12	Velocidad de circulación de automotores					X		
13	Pavimento y señalización uniforme				X			
14	Cobertura infraestructura para ciclistas					X		

La distancia de recorrido no se consideró puesto que se parte de la selección de ejes viales cuya distancia es menor a 5 km, lo cual es estimado como accesible para un ciclista promedio, sin requerir un sobre esfuerzo para alcanzar un destino.

Una vez establecidos los parámetros de análisis vial, se definen las categorías de evaluación de cada uno de los criterios seleccionados, se propuso un sistema de puntuación propio a partir de una escala de seis niveles para generar un puntaje final. Se define una categoría y una escala cuantitativa que varía de uno a cero, siendo uno la situación ideal y cero la

situación límite en la que no es factible pensar en la circulación de bicicletas en las condiciones actuales de la vía.

A continuación, se describen detalladamente los criterios de valoración de cada uno de los parámetros de evaluación vial.

En el análisis de la sección de la calzada se considera como datos de partida las secciones óptimas de 3.5 y 3 metros por carril para la circulación de un vehículo de motor y un ancho de 2.5 m para un carril de bicicleta bidireccional y 1.5 m para carril de bicicleta unidireccional. De la combinación de las secciones antes mencionadas se establecen las categorías y su respectiva valoración como se muestra en la Figura 5.

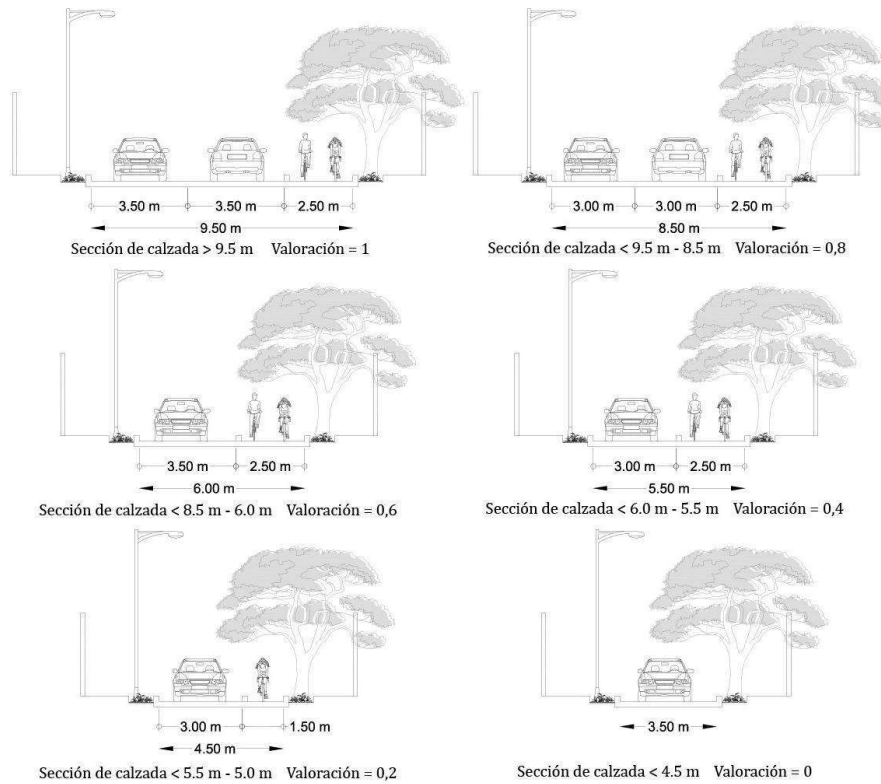


Figura 5: Categorías y valoración del análisis de la sección de la calzada

En la Figura 6 se muestran las categorías y valoración del análisis de la pendiente de una vía para facilitar la circulación de bicicletas. Se considera como una pendiente no apta para un ciclista promedio a aquellas vías cuya pendiente es mayor al 10 % en tramos de más de 30 m.

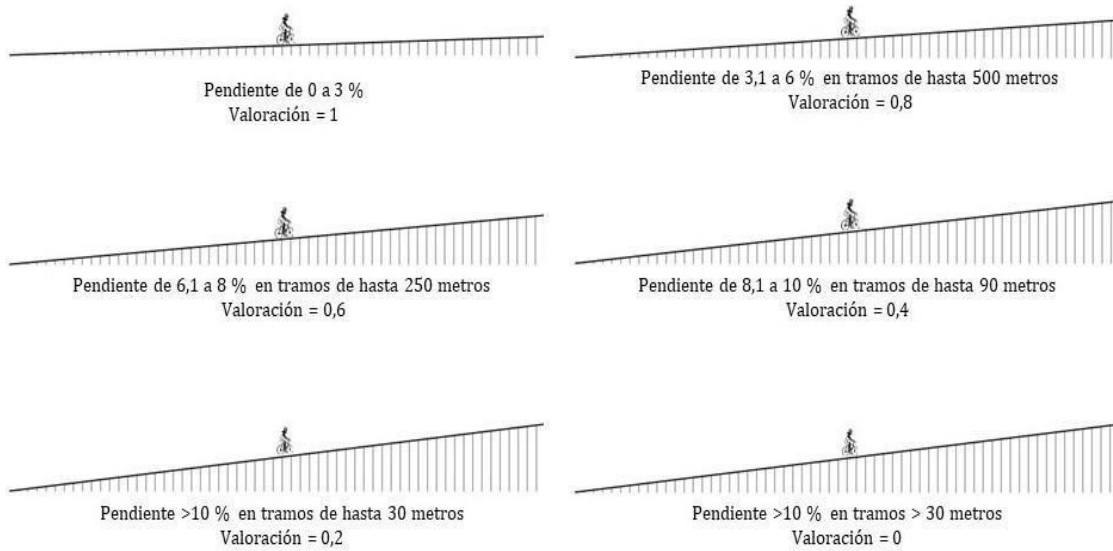


Figura 6: Características y valoración del análisis de la pendiente de la vía

La población beneficiada se analiza en relación con la densidad de vivienda. El éxito del uso de la bicicleta como modo de transporte dependerá de que las ciclovías se planifiquen en territorios con presencia de un importante número de potenciales usuarios. La densidad mínima considerada es de 15000 hab/km² de acuerdo con la recomendación de ONU Hábitat, por tratarse de subcentros periurbanos se considera este dato como una situación ideal sin dejar de lado otros umbrales de menor valor.

Para el cálculo de la población beneficiada se consideró las viviendas localizadas en una franja paralela al eje de la vía a 50 m a cada lado, asumiendo que las viviendas situadas en esta franja tienen acceso inmediato a una ciclovía. Dicho análisis requirió del uso de un sistema de información geográfica, posteriormente se multiplicó el número de viviendas por la composición familiar rural que en Ecuador es de 4 personas. Este procedimiento se realizó en cada uno de los tramos viales de los ejes de estudio. Las valoraciones por tramos se realizaron a partir de las categorías que se observan en la Tabla 3.

Tabla 3: Resumen de las categorías y valoración de los parámetros de análisis.

Parámetros	Descripción	Características funcionales	Valoración
Sección de la calzada	Análisis de la posibilidad de incluir una ciclovía segregada según el ancho promedio de la calzada de la vía de análisis	< 4.5 m	0
		5.5 – 5.0 m	0.2
		6.0 – 5.5 m	0.4
		8.5 – 6.0 m	0.6
		9.5 – 8.5 m	0.8
		> 9.5 m	1
Pendiente de la ciclovía	Análisis de pendientes de las vías de análisis	> 10 % (> 30 m)	0
		> 10 % (hasta 30 m)	0.2
		10 - 8 % (hasta 90 m)	0.4
		8 - 6 % (hasta 250 m)	0.6
		6 - 3 % (hasta 500 m)	0.8
		3 - 0 %	1

Población beneficiaria		< 5000 hab/km ²	0
	Densidad poblacional por	5000 – 7500 hab/km ²	0.2
	kilómetro cuadrado de	7500 – 10000 hab/km ²	0.4
	superficie en un margen de	10000 – 12500 hab/km ²	0.6
	50 m a cada lado de la vía	12500 – 15000 hab/km ²	0.8
		> 15000 hab/km ²	1

Fuente: Autores a partir de: Carse et al. (2013); Ciclo Ciudades (2011); Eltit (2011); Marqués et al. (2015); Suárez et al., (2016); Ríos et al. (2015); Zayed (2016)

3.3. *Etapas 4 y 5: resultados del análisis y evaluación de datos*

En una cuarta etapa, para el levantamiento de información se consideraron tramos viales homogéneos en cada una de las vías de estudio. En cada tramo se procedió al relevamiento de información por cada uno de los parámetros de análisis. Posteriormente la información fue procesada y sistematizada con el uso de un sistema de información geográfica (ArcGis) y hojas de cálculo electrónicas (Excel) para el cálculo y tabulación de datos.

Para el tratamiento de datos recopilados por tramos, en una quinta etapa, se trató a través de una matriz de doble entrada en Microsoft Excel para la definición de la valoración según cada uno de los parámetros propuestos. Finalmente, el resultado del análisis de los parámetros de sección de la calzada, pendiente de la vía y población beneficiaria de la vía a intervenir se sintetiza en un gráfico en el que el color verde más intenso refleja las mejores condiciones para la implementación de una ciclovía, por el contrario, un rojo o la ausencia de color indica los tramos que no pueden ser usados por un ciclista promedio. En esta etapa final y tras el análisis de información se determinó cuáles son los tramos viales más factibles para receptar la implementación de un carril para la circulación de bicicletas.

En Cuenca–Ecuador, cada una de las parroquias de estudio dispone de dos vías que conectan su centro administrativo con el centro de la ciudad, sin embargo, para el análisis se consideró la vía principal directa y la de menor distancia de recorrido. Los datos referentes a estas cuatro vías fueron obtenidos mediante información primaria y secundaria. Debido a que no existe información sobre población y vivienda actualizada, se utilizó información de la empresa que dota del servicio eléctrico en Cuenca, quienes disponen de datos georeferenciados actualizados sobre los medidores de luz eléctrica hasta diciembre de 2020, se consideró que cada medidor representa a una vivienda para el cálculo de la población beneficiada o potenciales usuarios de la implementación de una ciclovía.

Un análisis preliminar de las características de los ejes viales de estudio muestra que debido a que las cabeceras parroquiales de Baños y Ricaurte se encuentran conurbadas con la ciudad de Cuenca, presentan una longitud vial menor respecto a Sinincay y El Valle. Sin embargo, ningún eje vial supera los 5 kilómetros, distancia considerada como asequible para un ciclista promedio, lo que en primera instancia representa un potencial para la implementación de una ciclovía. Por otra parte, con la finalidad de identificar si la circulación de ciclistas por estos ejes viales podría ser de forma compartida con el tráfico motorizado o si se debe considerar la incorporación de a una ciclovía segregada se han revisado los datos relacionados con el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de los ejes

viales de estudio, esto indican que la vía a Sinincay es la que menor volumen de vehículos por día registra, representando el 7 % del total del TPDA de los ejes viales de estudio. No obstante, estas vías tienen una velocidad de operación máxima permitida de 50 km/h, lo cual determina que para incorporar ciclistas debe implementarse una ciclovía segregada de la circulación de vehículos de motor, separada por elementos físicos, con la finalidad de disminuir el nivel de estrés de los usuarios (Tabla 4).

Tabla 4: Características de la vía.

Vía	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	TPDA (veh/día)
Baños	1.58	50	6771
Ricaurte	2.34	50	10772
Sinincay	2.60	50	1932
El Valle	3.54	50	7662

A partir del estudio preliminar de las características de las vías seleccionadas en el caso de Cuenca en Ecuador, se realizó el análisis de los tres factores básicos para determinar la factibilidad de incorporar una ciclovía segregada del tránsito vehicular. En la figura 7 se puede observar el análisis realizado tramo por tramo en cada uno de los ejes viales de estudio en función de los tres parámetros propuestos: sección de la calzada, pendiente de la ciclovía y población beneficiada. El uso de la cromática facilita su lectura, las condiciones más favorables tras la evaluación se han representado desde un verde intenso hasta llegar al rojo.

Como resultado se ha determinado que la factibilidad de incorporar un carril segregado para bicicletas depende directamente de la sección y la pendiente de la vía. Del análisis realizado tramo por tramo se ha identificado que en términos de sección vial todos los tramos pueden receptor un carril segregado para ciclistas, siendo las mejores condiciones las que presenta la vía que conduce a la parroquia Baños con un promedio de 10.63 m lo cual permite contar con dos carriles de circulación vehicular (uno por cada sentido de circulación) y un carril para bicicletas bidireccional. El eje vial que conecta con El Valle también podría mantener dos carriles de circulación más uno de ciclovía bidireccional. En el caso de Ricaurte la vía debería pasar a ser de un solo sentido de circulación para poder incluir un carril de bicicletas bidireccional, al igual que el eje vial a Sinincay (Figura 7).

En relación con el análisis de pendientes, la vía que conecta Baños con la ciudad tiene una cota de 2724 msnm en su centro parroquial y de 2644 msnm en el límite urbano, el 50.76 % de la vía posee pendientes menores al 6 %, el 27.85 % tiene pendientes entre el 6 y 10 %, mientras que los tramos con pendientes superiores al 10 % representa el 21.38 %. En definitiva 0.3 km de vía no presentan una pendiente fácil de alcanzar (Figura 7).

La vía que conecta Ricaurte presenta una sección mínima de 7.73 m lo cual admite un carril de circulación vehicular y un carril para bicicletas bidireccional, lo cual exigiría la búsqueda de una nueva ruta para desviar la circulación vehicular en otro sentido. Esta vía que conecta con la ciudad tiene una cota de 2567 msnm en el centro administrativo y de 2503 msnm en el límite urbano. El 88.47 % de la vía posee una pendiente menor al 6 %, mientras que el 11.53 % cuenta con una pendiente superior al 10 %, pero sin exceder la longitud de tramo

considerado como alcanzable por un ciclista, lo cual representa una longitud de 2.3 km (Figura 7).

La vía que conecta El Valle, cuenta con una sección mínima de 9.10 m, que permite la incorporación de dos carriles de circulación vehicular y un carril para bicicletas bidireccional. Esta vía que conecta con el área urbana de Cuenca tiene una cota de 2567 msnm en su centro administrativo y de 2503 msnm en el límite con la ciudad. El 52.04 % de la vía posee pendientes inferiores al 6 %, el 2.26 % tiene pendientes entre 6 y 8 % que no supera los 250 m de longitud, mientras que el 45.70 % de la vía cuenta con pendientes y longitudes que no admiten la circulación de ciclista, 4,4 km (Figura 7).

La vía que conecta con la parroquia Sinincay presenta condiciones menos favorables, con una sección mínima de 8.4 m lo cual admite dos carriles de circulación vehicular y un carril para bicicletas de apenas 1.40 m lo cual dificultaría la circulación de dos bicicletas al mismo tiempo. Para considerar este eje vial para la circulación de ciclistas se debería disponer que la calzada admita un carril de circulación vehicular y una ciclovía bidireccional. Esta consideración representaría la planificación de una nueva ruta para la circulación vehicular en el otro sentido de circulación. Esta vía tiene una cota de 2692 msnm en el centro administrativo y de 2503 msnm en el borde con el límite urbano. El 66.45 % de la vía cuenta con una pendiente menor al 6 %, el 1.12 % posee una pendiente entre el 6 y 10 % con una longitud de 29.19 m, mientras que una longitud de 345.39 m presenta una pendiente del 8 % lo cual dificulta fuertemente la circulación de un ciclista promedio. El punto más crítico se presenta en tres tramos de pendiente entre 11 y 16 % que suman una longitud de 498.44 m. En total 2.6 km de vía no presentan pendientes que faciliten la circulación ciclista (Figura 7).

En el análisis de la población beneficiada, calculada según la densidad de viviendas bajo cobertura del servicio de la ciclovía, se evidencia que las vías de conexión urbano-rural al ser corredores de consolidación de población acoge un importante número de construcciones. De manera particular, las vías de las cabeceras conurbadas de Baños y Ricaurte presentaron un mayor número de viviendas en el corredor vial, 50 m, con 8831 y 9664 hab/km² respectivamente. Mientras que los corredores de las vías que conectan El Valle y Sinincay al estar más distantes de la ciudad tienen menor número de viviendas por kilómetro, 5267 y 4208 hab/km² respectivamente (Figura 7).

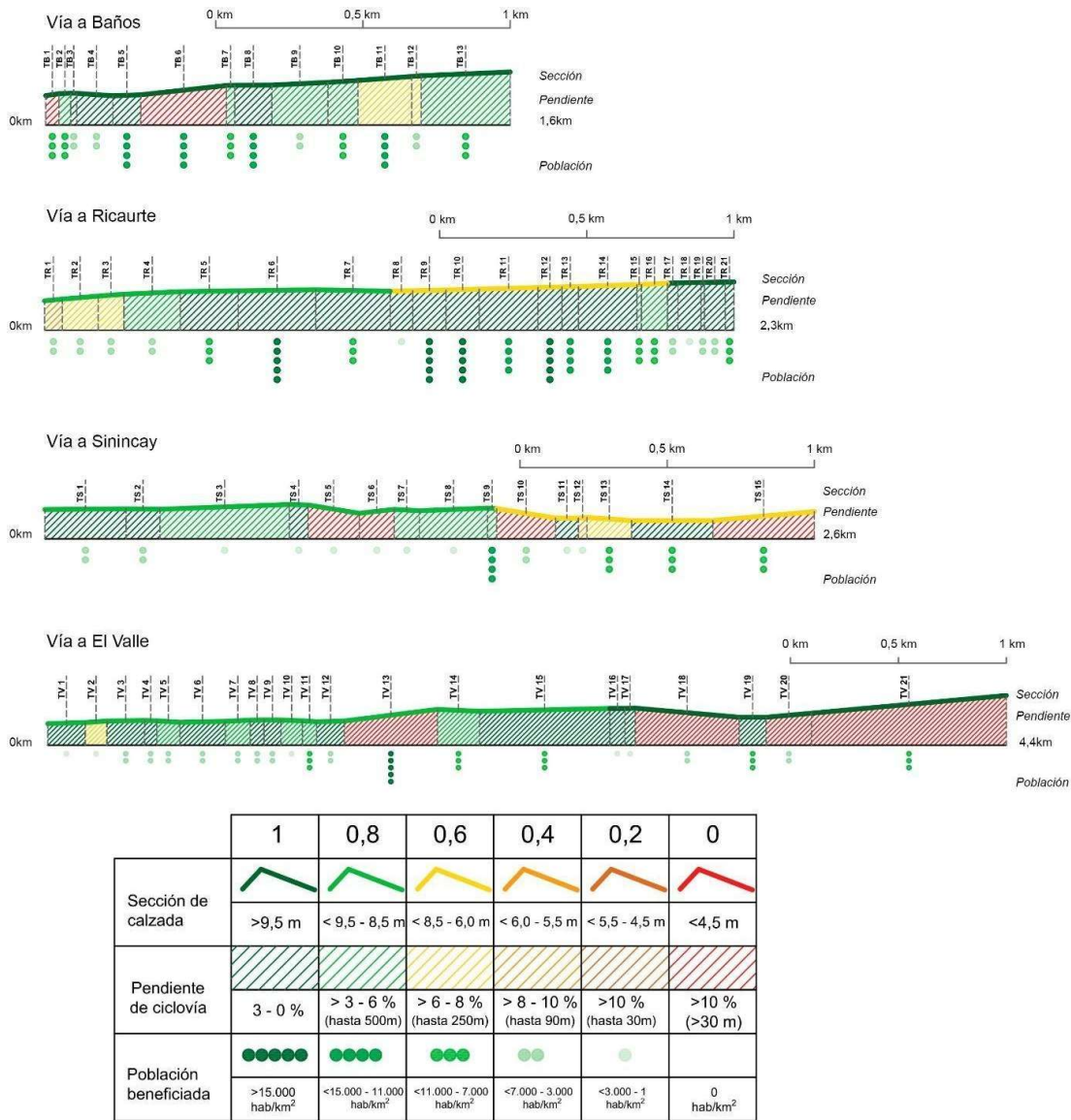


Figura 7: Resultados del análisis de los parámetros para la incorporación de ciclovías.

4. Discusión

Este estudio se inscribe en un momento histórico en el que se puede generar un cambio estructural, resiliente y equitativo en temas de movilidad como indica DeWit et al. (2020). La metodología propuesta responde a la necesidad de contar con mecanismos simples y efectivos para apoyar la toma de decisiones en la planificación de infraestructura ciclista. Los resultados de esta investigación apoyan los esfuerzos que realizan en la actualidad gobiernos de todo el mundo para incentivar el uso de la bicicleta para viajes cotidianos como señala Arellana et al. (2020), contribuyendo a la creación de ciudades sustentables (Makarova et al., 2020). A la vez constituye un aporte a la planificación de la movilidad sostenible en el cantón Cuenca, al tiempo que promueve las recomendaciones de la OMS de mantener el distanciamiento físico social como modo para reducir los contagios por COVID-19 (Leiva et al., 2020).

La ciudad de Cuenca se muestra como un caso de estudio por tratarse de una ciudad intermedia con un importante número de habitantes residentes en los subcentros periurbanos, característica frecuente de las ciudades ecuatorianas y latinoamericanas. En esta investigación se consideró la factibilidad de adaptación de los ejes viales que conectan los subcentros periurbanos (cabeceras parroquiales de Baños, Ricaurte, El Valle y Sinincay) con el centro urbano de Cuenca en Ecuador, a partir del estudio de cuatro parámetros básicos que permitan la ejecución de intervenciones que no impliquen la inversión cuantiosa de recursos y que pueda realizarse en el menor tiempo posible. Teniendo además como propósito generar una metodología para que los entes encargados puedan tomar una decisión basada en criterios técnicos apegados a la realidad de sus territorios para la adaptación de sus vías existentes para la circulación de bicicletas de forma segura. Es por ello que previamente se analizaron las características generales de las vías y se determinó en todos los casos que la estrategia para generar vías seguras para ciclistas consiste en la reasignación del espacio de calzada para la incorporación de una ciclovía segregada del tránsito vehicular. Esto en virtud de que los estudios realizados por Arellana et al., 2020 y Ríos et al., 2015 determinan que los ciclistas frecuentes cuyo propósito de viaje es ir al trabajo o estudio priorizan la seguridad.

La metodología planteada en este estudio es relevante para el contexto de Cuenca, Ecuador, proporcionando una estructura sistémica y efectiva para evaluar la viabilidad de convertir la infraestructura vial convencional en una infraestructura sostenible que incluya carriles para bicicletas. Ofrece un enfoque claro para abordar este desafío en subcentros periurbanos de ciudades intermedias del contexto andino. Cabe destacar que tradicionalmente los esfuerzos por impulsar el uso de la bicicleta como transporte cotidiano se centran en las áreas urbanas, generalmente en zonas de altos ingresos, dejando de lado territorios que administrativamente se consideran rurales, aunque se configuran como extensiones espaciales de la ciudad. Por otro lado, el desafío tras establecer los parámetros a ser objeto de análisis fue la definición de categorías de calificación, sin embargo, se optó por una valoración de referencia en una escala de 0 a 1 que ha permitido evaluar características de cada uno de los tramos que conforman los ejes viales de estudio.

Para el caso de Cuenca en Ecuador, del análisis de los parámetros: sección de calzada, pendiente y población beneficiada se obtuvo como resultado que únicamente los tramos de la vía a Ricaurte presentan pendientes consideradas como aptas para ser usadas por ciclistas, el resto de vías contienen tramos cuya pendiente dificultará su circulación. Si bien, no se debe perder de vista que, el incremento de pendientes genera más esfuerzo físico, el uso de bicicletas a motor puede ser una opción para alcanzar cualquier destino para quienes disponen de los recursos económicos necesarios. Otra opción es el desarrollar un nuevo trazado que conecten los puntos de origen y destino considerando tramos secundarios que cumplan con las especificaciones de sección y pendiente requeridas para la adecuada circulación de bicicletas, lo cual representaría mayor tiempo por viaje, además, de requerir inversión para mejorar las condiciones de las vías. También existe la posibilidad de incorporar elementos mecánicos que faciliten el superar tramos de fuertes pendientes topográficas. Además, para alcanzar distancias largas es importante el contar con infraestructuras que faciliten la combinación de los diferentes modos de transporte.

5. Conclusiones

La crisis del COVID-19 ha propiciado cambios en la sociedad sobre todo en lo referente a la concentración de personas, siendo uno de ellos el uso del transporte colectivo. Se ha impulsado el paso al uso de modos de movilidad más sostenibles como caminar y usar la bicicleta para realizar viajes cortos sobre vías que garanticen la seguridad de los usuarios. Es por ello que las ciudades de tamaño medio constituyen espacios óptimos para impulsar el uso de la bicicleta como modo de transporte diario ya que por lo general los radios y distancias no sobrepasan 10 km.

Si bien el uso de la bicicleta como modo de transporte se ha extendido en las ciudades europeas, en América Latina representa un gran desafío por diversas razones que van desde el ámbito cultural hasta las características propias del territorio que en ocasiones son marcadas por la presencia de una pendiente no favorable para este transporte. Otro reto importante en el Sur Global, propiciado por la falta de recursos, es la capacidad de resiliencia para aprovechar las infraestructuras existentes y transformarlas. Sin embargo, no se trata de una tarea imposible, es por ello que esta investigación plantea tres parámetros de análisis que permiten obtener una mirada de partida para la planificación de ciclovías que conecten el centro urbano con subcentros periurbanos que concentran un importante número de habitantes que se trasladan diariamente para trabajar o estudiar al centro.

Los estudios convencionales del potencial uso de la bicicleta como transporte cotidiano se centran en áreas urbanas, es por ello que esta investigación constituye un paso para la movilidad sostenible en subcentros periurbanos, permitiendo que ciudades intermedias cuenten con una metodología que apoye técnicamente la toma de decisiones previo a la planificación de una ciclovía. Los tres parámetros de análisis propuestos: sección de calzada, pendiente de la vía y densidad poblacional servirán de sustento para la decisión de incorporar una ciclovía en ejes viales desde subcentros periurbanos, y representan un importante insumo para la planificación en contextos territoriales similares al de Cuenca en Ecuador. Además, al considerar la incorporación de carriles para bicicletas segregados del tráfico vehicular con el uso de elementos físicos que se puedan colocar sobre una calzada existente, permitirá que las autoridades encargadas de la toma de decisiones no se limiten a considerar la viabilidad financiera de un proyecto de ciclovías. Posibilitando la toma de decisiones de manera eficaz.

Es por ello que la bicicleta funcionará como modo de transporte cotidiano en cuanto logre disminuir costos en transportación, facilite los viajes diarios y se logre establecer una intermodalidad con el transporte público al que se pueda acceder gratuitamente y con seguridad.

La recopilación y definición de parámetros a través de una revisión bibliográfica exhaustiva ha permitido la incorporación de factores esenciales en el proceso de evaluación. El análisis de las vías que conectan los subcentros periurbanos con el centro urbano de Cuenca es especialmente pertinente, ya que estas rutas desempeñan un papel crucial en la conectividad de la ciudad.

Futuras investigaciones deberían centrarse en un análisis detallado de cada uno de los ejes viales que aquí se mencionan con la finalidad de determinar otros parámetros a ser considerados por los planificadores de infraestructura para bicicletas. También queda por

hacer un trabajo de inclusión del estudio enfocado en grupos particulares como las mujeres que perciben el territorio y las diversas formas de moverse de manera distinta a los hombres. Finalmente, la tarea pendiente consiste en la elaboración y el diseño de propuestas concretas de políticas de movilidad sostenible para subcentros periurbanos y rurales.

Contribuciones de los autores

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://casrai.org/credit/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

	Flores-Juca, E.	Mora-Arias, E.	Chica, J.
Conceptualización	■	■	
Análisis formal	■	■	
Investigación	■		
Metodología	■	■	
Recursos		■	■
Validación	■		
Redacción – revisión y edición	■	■	

Conflicto de Interés

Los autores declaran que en el desarrollo del presente artículo no existen conflictos de intereses ni personales ni de ningún tipo por parte de los autores.

Referencias

- Albarracín, G. (2017). Urban form and ecological footprint: Urban form and ecological footprint: A morphological analysis for harnessing solar energy in the suburbs of Cuenca, Ecuador. *Energy Procedia*, 115, 332-343. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.030>
- Arellana, J., Saltaín, M., Larrañaga, A. M., González, V. I., & Henao, C. A. (2020). Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 139, 310-334. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.010>
- Azan, S. (2018). Ciudades intermedias: trampolín del desarrollo sostenible. Recuperado 6 de julio de 2021, de <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2018/08/ciudades-intermedias-trampolin-del-desarrollo-sostenible/>
- Bellet, C., & Llop Torné, J. M. (2004). Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 8(165), p. 1-28. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-165.htm>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2014). Cuenca Ciudad Sostenible / Plan de Acción. Cuenca: BID / Cuenca GAD Municipal. Recuperado de <https://bit.ly/2J76xUg>
- Cano Rodríguez, C. P., Montoya Piedrahita, M. L., & Cárdenas Restrepo, M. (2018). El uso de la Bicicleta como medio de Transporte en el área metropolitana. *Revista CIES Escolme*, 8(02), 39-49. Recuperado de: <http://revista.escolme.edu.co/index.php/cies/article/view/132>

- Carse, A., Goodman, A., Mackett, R. L., Panter, J., & Ogilvie, D. (2013). The factors influencing car use in a cycle-friendly city: The case of Cambridge. *Journal of Transport Geography*, 28, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.10.013>
- Chiu, A. S. F., Aviso, K. B., Baquillas, J., & Tan, R. R. (2020). Can Disruptive Events Trigger Transitions Towards Sustainable Consumption?. *Cleaner and Responsible Consumption*, 1, 100001, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2020.100001>
- Ciclo Ciudades. (2011). IV. Infraestructura. En *Manual integral de movilidad ciclistas para ciudades mexicanas*. México. Recuperado de <http://ciclociudades.mx/wp-content/uploads/2015/10/Manual-Tomo-IV.pdf>
- DeWit, A., Shaw, R., & Djalante, R. (2020). An integrated approach to sustainable development, National Resilience, and COVID-19 responses: The case of Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101808, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101808>
- Eltit Neumann, V. X. (2011). Transporte urbano no motorizado: el potencial de la bicicleta en la ciudad de Temuco. *Revista INVI*, 26(72), 153-184. <https://doi.org/10.4067/s0718-83582011000200006>
- FGSV. (2010). Empfehlungen für Radverkehrsanlagen: ERA. FGSV, 95. Recuperado de <https://www.fgsv-verlag.de/era>
- Flores, E., García, J., Chica, J., & Mora, E. (2017). Identificación y análisis de indicadores de sostenibilidad para la movilidad. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca* 6(11), 99-109. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a07>
- Gonzalo-Orden, H., Linares, A., Velasco, L., Díez, J. M., & Rojo, M. (2014). Bikeways and cycling urban mobility. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 567-576. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.170>
- Jáuregui Díaz, J. A., Ávila Sánchez, M. de J., & Tovar Cabañas, R. (2020). Movilidad cotidiana de la población trabajadora en la Zona Metropolitana de Monterrey, 2015. *Revista Transporte y Territorio*, 23, 201-221. <https://doi.org/10.34096/rtt.i23.9663>
- Leiva, G. de C., Sathler, D., & Filho, R. D. O. (2020). Urban structure and population mobility: Implications for social distance and dissemination of COVID-19. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 37, 1-22. <https://doi.org/10.20947/s0102-3098a0118>
- Majumdar, B. B., & Mitra, S. (2015). Identification of factors influencing bicycling in small sized cities: A case study of Kharagpur, India. *Case Studies on Transport Policy*, 3(3), 331-346. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2014.09.002>
- Makarova, I., Boyko, A., & Almetova, Z. (2020). Decision-making on development of cycling infrastructure through safety assessment at design and operation stages. *Transportation Research Procedia*, 50, 397-404. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.047>
- Marqués, R., Hernández-Herrador, V., Calvo-Salazar, M., & García-Cebrián, J. A. (2015). How infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. *Research in Transportation Economics*, 53, 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.10.017>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2022). *Manual de ciclo-infraestructura y micromovilidad para Ecuador*. Recuperado de: <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/2022/06/Manual-de-ciclo-infraestructura-y-micromovilidad-en-Ecuador-20220520.pdf>
- Noland, R. B., & Ishaque, M. M. (2006). Smart Bicycles in an Urban Area Smart Bicycles in an Urban Area: Evaluation of a Pilot Scheme in London. *Journal of Public Transportation*, 9(5), 71-95. Recuperado de: <http://doi.org/10.5038/2375-0901.9.5.5>
- Organización Mundial de la Salud. (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Recuperado de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44441/9789243599977_spa.pdf;jsessionid=E8721E7F226B968E15053CC2E866EEEB?sequence=1

- El Universo. (10 de noviembre de 2015). La ONU declaró a Cuenca como ciudad intermedia. *El Universo*. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/noticias/2015/11/10/nota/5232608/onu-declaro-cuenca-como-ciudad-intermedia/>
- Ortiz, P. (2019). Análisis de los patrones morfológicos de urbanización en la gradiente urbano-rural de Cuenca: el rol de las cabeceras parroquiales en la conformación del territorio. *Recomendaciones de políticas urbanas para el uso y la gestión del suelo en Cuenca*, 5-28. Recuperado de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57907.pdf>
- Pettigrew, S., Nelson, J. D., & Norman, R. (2020). Autonomous vehicles and cycling: Policy implications and management issues. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 100188, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100188>
- Puig i Boix, J. (1999). La bicicleta: un vehículo para cambiar nuestras ciudades. *Ecología Política*, (17), 37-43. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=153383>
- Ríos Flores, R. A., Taddia, A. P., Pardo, C. F., & Lleras, N. (2015). Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/es/ciclo-inclusion-en-america-latina-y-el-caribe-guia-para-impulsar-el-uso-de-la-bicicleta>
- Secretaría de Salud. (2016). Más ciclistas, más seguros. Guía de intervenciones para la prevención de lesiones en ciclistas urbanos. Distrito Federal, México. Recuperado de: https://bicycleinfrastructuremanuals.com/manuals4/MasCiclistasMasSeguros_SecretariaDeSalud.pdf
- Suárez Lastra, M., Galindo-Pérez, C., & Murata, M. (2016). *Bicicletas para la ciudad. Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista*. Instituto de Geografía UNAM. Recuperado de: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/49>
- Zayed, M. A. (2016). Towards an index of city readiness for cycling. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 5(3), 210-225. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2017.01.002>