

serie

CIUDADES
SUSTENTABLES



LA CIUDAD SE MUEVE ASÍ

Estado del arte de la investigación en movilidad urbana en Cuenca

L L A
C T A

lab



CIUDADES
SUSTENTABLES

serie



CIUDADES
SUSTENTABLES



LA CIUDAD SE MUEVE ASÍ

Estado del arte de la investigación
sobre movilidad urbana en Cuenca

LA CIUDAD SE MUEVE ASÍ

*Estado del arte de la investigación
sobre movilidad urbana en Cuenca*

©Universidad de Cuenca

LlactaLAB-Ciudades sustentables

Autores:

Carla Hermida, Manuela Cordero, Adriana Quezada, Daniel Orellana, Enrique Flores-Juca, Jessica Chica, Estefanía Mora-Arias, María Elisa Bustos, Mateo Marín, Natasha Cabrera, Augusta Hermida, Patricia Cazorla, Elina Ávila-Ordóñez, Jairo Ortega, János Tóth, Tamás Péter, Martín Ortega, Lisseth Molina, Paúl Arévalo, Antonio Cano, Vinicio Iñiguez-Morán, Danny Ochoa-Correa, Juan Leonardo Espinoza, Francisco Jurado, Néstor Rivera, Juan Molina, Andrea Bermeo, Gina Novillo, Xavier Serrano-Guerrero, Antonio Barragán-Escandón, Esteban Zalamea-León, Gustavo Álvarez-Coello, Andrés Baquero-Larriva, Mateo Coello-Salcedo, Daniel Cordero-Moreno, Efrén Fernández-Palomeque, Robert Rockwood-Iglesias, Francisco Torres-Moscoso, Diego Morales Jadán, Marco Toledo Orozco, Javier Cabrera Mejía

Compilador:

Daniel Orellana

Diagramación y portada:

Galo Carrión

Maria Augusta Hermida

Rectora de la Universidad de Cuenca

Centro Editorial UCuenca Press

Dirección: Daniel López Zamora. Coordinación editorial: Ángeles Martínez Donoso. Corrección de estilo: Verónica Andrade Aguilar

Ciudadela Universitaria
Doce de abril y Agustín Cueva
(+593 7)405 1000
Casilla postal 01.01.168
editorial.ucuenca.edu.ec

Este libro fue arbitrado con pares externos bajo el sistema doble ciego.

Primera edición

Tiraje: 200 ejemplares

Derechos de autor: CUE-00529

ISBN: 978-9978-14-536-4

ISBN digital: 978-9978-14-546-3

Impreso en Cuenca, Ecuador
Junio, 2024

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad de Cuenca y sus autoridades: rectora, María Augusta Hermida, vicerrectora, Monserrath Jerves y vicerrector académico, Juan Leonardo Espinoza por darme la oportunidad de desarrollar mi carrera académica durante la última década. Este libro fue elaborado como parte del periodo sabático otorgado por la Universidad. Estoy también enormemente agradecimiento con la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, que me acogió en los primeros años de vinculación a la Universidad y a donde he regresado desde el 2022.

Esta obra representa también el desarrollo de diez años de investigación sobre movilidad sostenible en Cuenca dentro del grupo de investigación LlactaLAB – Ciudades Sustentables, parte del Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población de la Universidad de Cuenca. LlactaLAB ha sido fundamental en mi desarrollo como científico y como persona; por esto extendo mi profunda admiración a las maravillosas personas que lo conforman, en particular a quienes han colaborado con diferentes capítulos: Lisseth Molina, Adriana Quezada, María Elisa Bustos y Augusta Hermida. En este contexto, un reconocimiento especial a Galo Carrión quién ha sido clave en la concepción, desarrollo, diseño y producción del libro.

Finalmente, un agradecimiento a todos los investigadores e investigadoras que han colaborado como autores en esta obra colectiva, quienes han hecho un enorme esfuerzo de síntesis para poner su conocimiento y experiencia a disposición del público.

Daniel Orellana Vintimilla

INTRODUCCIÓN

La movilidad es uno de los procesos urbanos más complejos e interesantes, pues representa la huella de las interacciones de las personas con el entorno urbano (Orellana, 2011). Al estudiar la movilidad estamos también comprendiendo otros aspectos de la ciudad con los que está íntimamente relacionada, como el espacio público, los sistemas urbanos, la equidad social, la energía, la capacidad institucional, los aspectos ambientales y la salud de la población. La movilidad urbana es, pues, uno de los indicadores más importantes de la calidad de vida de una ciudad, lo que puede ser resumido en la frase “dime cómo te mueves y te diré que tipo de ciudad eres”.

El caso de Cuenca (Ecuador) es visto frecuentemente con interés por parte de tomadores de decisión, planificadores urbanos, investigadores, políticos y personas interesadas en temas urbanos. Su condición de ciudad intermedia, con una calidad de vida relativamente alta, servicios básicos de calidad, espacios públicos bien mantenidos y sistemas urbanos funcionales, la han llevado a ser considerada un caso atípico en el contexto de las ciudades latinoamericanas, y la movilidad es uno de los aspectos focales de ese interés.

vii

Breve historia de la movilidad en Cuenca

Desde inicios del siglo XXI, el fenómeno de la movilidad en Cuenca ha sufrido transformaciones importantes. En el 2000, la ciudad tenía una población de aproximadamente 276 mil habitantes en un área urbana de 6 395 hectáreas (Hermida et al., 2015). Para ese año se estima que circulaban alrededor de 35 mil vehículos

motorizados en la ciudad, lo que representaba una tasa de motorización de 12 vehículos por cada 100 habitantes. La limitada extensión de la mancha urbana y la densidad relativamente alta ofrecía las condiciones óptimas de una ciudad de cercanías, en la que una gran parte de la población podía movilizarse diariamente de manera fácil, cómoda y rápida, tanto a pie como en transporte motorizado o incluso en bicicleta. Sin embargo, el deficiente sistema de transporte público, compuesto en ese entonces por 664 buses, la mayoría de ellos antiguos y en malas condiciones y sin una planificación adecuada, y la creciente preocupación por los efectos de la contaminación en una ciudad recientemente declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad habían empujado a la ciudad a dar pasos para reorganizar el sistema de transporte. Hermida (2018) presenta un detallado análisis de la historia de la movilidad en Cuenca entre 1999 y 2014 e identifica algunos hitos importantes. Basados en dicho estudio, y con algunos datos adicionales, a continuación, repasamos brevemente algunos de los aspectos más importantes de la movilidad en la ciudad en las dos últimas décadas.

En 1999 el gobierno local asumió las competencias de tránsito y transporte y expidió la primera ordenanza de planificación del transporte (Ordenanza de Planificación, Organización y Regulación del Tránsito y Transporte Terrestres en el cantón Cuenca, 1999). También se realizó el primer estudio técnico denominado “Plan para un sistema de tráfico sustentable para una ciudad piloto, Cuenca-Ecuador. Cuenca” (PADECO, 1999), centrado principalmente en el transporte público colectivo.

A pesar de que ese plan no fue implementado en su totalidad, permitió dar avances clave, que incluyeron la reorganización de las rutas de transporte público y la conformación de la Cámara de Transporte de Cuenca en el 2000. También se implementó de manera obligatoria la revisión técnica vehicular para el transporte público, que en los siguientes años se extendió a los demás vehículos motorizados. En cuanto a la infraestructura, se inició la construcción de carriles exclusivos para buses en el Centro Histórico, no sin resistencia por parte de varios sectores; así mismo, se implementó el sistema de estacionamiento rotativo tarifado en varias de estas zonas, pero el fuerte rechazo al

modelo inicial basado en inmovilizar los vehículos infractores, obligó a retirarlo y reemplazarlo, más adelante, con un sistema de aviso mediante un adhesivo en la ventana del vehículo. En 2001 se inició la construcción de la primera ciclovía, enfocada en actividades recreativas y poca conexión con las necesidades de movilidad.

Para el 2004, se mostraban los primeros resultados de la nueva institucionalidad. Por ejemplo, se realizó la renovación y optimización de la flota de autobuses, que se logró reducir a 475 luego de rediseñar las rutas.

Alrededor de 2005 surge un tema polémico que se des-
vía de la tendencia hacia una movilidad sostenible: la propuesta de construir una nueva autopista perimetral en la zona norte de la ciudad, afectando casi 10 mil hectáreas de suelo principalmente rural. Este proyecto, que cobró un gran impulso hacia 2009, se contradecía con los esfuerzos del mismo gobierno local de controlar el crecimiento del parque automotor, fortalecer el transporte público e intentar mantener la compacidad de la ciudad. De hecho, tal proyecto se contradecía directamente con varios elementos del Plan de Ordenamiento Territorial de 2009. La propuesta fue fuertemente criticada por varios sectores, incluyendo expertos en planificación urbana, técnicos municipales, académicos y actores políticos.

Probablemente uno de los aspectos más importantes entre 2005 y 2010 fue el inicio de un acelerado proceso de dispersión urbana, en el que la densidad poblacional de la ciudad disminuyó debido a la creciente construcción de condominios en áreas periurbanas y rurales. Esta dispersión tuvo efectos nefastos que cambiaron radicalmente la trayectoria de desarrollo de la ciudad. Los promotores inmobiliarios podían construir condominios cerrados sin entregar un porcentaje para espacio público. Además, estos condominios estaban en zonas alejadas, con poca conectividad y bajo servicio de transporte público, lo que generó una mayor dependencia del automóvil particular.

En 2009, se implementó el sistema integrado de recaudo para todo el transporte público urbano, lo cual fue un paso fundamental, ya que eliminó la competencia por pasajes entre diferentes cooperativas. Cuenca fue también la primera ciudad

en el país en implementar la tarjeta electrónica como modo de pago en el transporte público. Además, en este año se elaboró el primer plan de ciclovías urbanas, aunque su implementación no avanzó. El 2009 también fue importante en términos de institucionalización, pues se creó la Secretaría de Movilidad, y el año siguiente se constituyó la Empresa Municipal de Movilidad EMOV.

En el 2011 se iniciaron los estudios de prefactibilidad del Tranvía de Cuenca, marcando un hito importantísimo en la movilidad de la ciudad, aunque este medio de transporte tardaría una década en entrar en funcionamiento, luego de un tortuoso proceso con enormes dificultades durante la contratación, construcción y puesta en marcha.

Para el 2012 se contrató el “Plan de Ciclovías Urbanas y Proyecto Definitivo para Fase Piloto y del Estudio para el Sistema de Transporte Público en Bicicleta de la Ciudad de Cuenca” (MOVEIRE y EMOV EP, 2013). En ese año se estimaba que apenas el 1 % de la población utilizaba la bicicleta como medio de transporte. Sin embargo, es importante mencionar que ningún estudio ha incluido la movilidad de niños y adolescentes en las estimaciones, a pesar de que ellos son usuarios frecuentes de la bicicleta. En 2013 se inauguraron los terminales de transferencia que permitían conectar el transporte público urbano con el microregional y el nacional. Para el 2014, la implementación de ciclovías estaba completamente estancada, la mayoría de las existentes presentaban un diseño inadecuado, falta de conectividad y ubicaciones que no correspondían a las necesidades de planificación.

En el 2015 se elaboró el Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca. Este plan representa un giro radical de la planificación con una visión más integral que ya desde su título reconoce la importancia del abordaje conjunto de la movilidad y los espacios públicos. Aunque la implementación de este instrumento ha sido bastante limitada, durante los últimos años se han dado algunos avances importantes. Es así que entre 2016 y 2023 se construyeron nuevas ciclovías, continuando con el plan original de MOVEIRE e incluyendo procesos de planificación participativa (Orellana y Quezada, 2018), hasta completar

un total de aproximadamente 70 km en el 2023. En el 2019 se construyó el Sistema de Transporte en Bicicleta Pública de Cuenca, con un total de 20 estaciones, a través de una alianza público-privada.

Finalmente, en el 2021 inició la operación comercial del Tranvía de Cuenca, luego de varios años de inconvenientes. A pesar de que el proyecto fue planificado como parte integral del sistema de transporte público, hasta el 2023 no se ha iniciado siquiera el proceso de integración operativa ni tarifaria con los demás sistemas.

Este breve repaso histórico da cuenta de los avances que ha tenido Cuenca en materia de movilidad. Sin embargo, y a pesar de ellos, el crecimiento del parque automotor no solo que ha continuado, sino que se ha acelerado. La falta de políticas públicas certeras e integradas para la aplicación de los planes existentes, la desarticulación entre la planificación urbana y la planificación de la movilidad, la fragmentación en la implementación de los proyectos clave, la descoordinación institucional y la descontrolada dispersión urbana han disminuido la calidad del sistema de movilidad de la ciudad. Es así como, según los datos actuales de población y matriculación vehicular, la tasa de motorización estaría en cerca de 38 vehículos por cada 100 habitantes, es decir que se ha triplicado en los últimos 25 años. Los impactos de este aumento son enormes en la población y el medio ambiente, lo cual representa, junto con la inseguridad, uno de los mayores deterioros de la calidad de vida en la ciudad.

xi

La investigación de la movilidad en Cuenca

Cuenca goza de una escena académica particularmente dinámica y productiva en aspectos relacionados a la movilidad. Entre 2015 y 2022, se han publicado 73 artículos científicos en revistas indexadas en SCOPUS y SCIELO, que tratan sobre movilidad en esta ciudad. Esto es un excelente indicador del interés académico en estos aspectos, y el alcance internacional de la investigación local. Además, existe un importante número de artículos

publicados en revistas indexadas en otras bases de datos regionales, libros, reportes técnicos, trabajos académicos, proyectos de fin de carrera y tesis de postgrado. Esta producción científica subraya el inmenso potencial que Cuenca tiene para desarrollar una movilidad sostenible basada en evidencia.

Sin embargo, y a pesar de la rica producción científica, existe una desconexión entre la investigación generada y el acceso a esta por parte de tomadores de decisiones, planificadores, estudiantes e incluso otros investigadores. De los 73 artículos científicos sobre movilidad en Cuenca, apenas un tercio son de acceso abierto, mientras que la mayoría requiere suscripción a costosas bases académicas especializadas para su consulta. Incluso más preocupante es que algunos de estos trabajos se publican en editoriales a las cuales ni siquiera las universidades locales están suscritas. Adicionalmente, el idioma puede representar un obstáculo, pues 9 de cada 10 artículos están publicados en inglés. Este escenario plantea un serio desafío para universidades y grupos de investigación: se está generando conocimiento valioso para la ciudad, pero con acceso extremadamente limitado.

Objetivos y organización del libro

Esta obra colectiva tiene como objetivo sistematizar, divulgar y mejorar la visibilidad de la investigación académica en movilidad urbana en Cuenca.

El libro se compone de 13 capítulos, organizados en 3 secciones que exploran una amplia gama de temas. La primera sección “Usuarios” incluye investigaciones que exploran la relación de las personas con la movilidad, incluyendo grupos de interés como la niñez, la población en zonas periurbanas, los aspectos de género y las personas con discapacidad. La segunda sección, denominada “Sistemas”, presenta investigaciones relacionadas con los diferentes sistemas de movilidad de la ciudad: el transporte público en bus, el sistema de bicicleta pública, el tranvía, los sistemas de *Park and Ride* (estacionamientos aso-

ciados al transporte público), y algunos aspectos de la movilidad motorizada. Finalmente, la tercera sección, llamada “Electromovilidad” recopila investigaciones en este campo que genera creciente interés como una estrategia para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este libro es el resultado de un esfuerzo colaborativo sin precedentes que involucra a 45 investigadores de 12 grupos y departamentos de seis universidades diferentes: la Universidad de Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Universidad del Azuay, Universidad Católica de Cuenca, Universidad de Jaén y Budapest University of Technology and Economics. Cabe destacar que todos los autores invitados aceptaron participar y se esforzaron por condensar su investigación en capítulos breves redactados en español y en un lenguaje accesible para un público más amplio.

Aunque la obra es colectiva, cada capítulo fue desarrollado de manera individual o en grupos pequeños por sus respectivos autores. Esto no solo enriquece la diversidad temática del libro, sino que también permite la inclusión de perspectivas múltiples, e incluso en algunos casos contradictorias, sobre ciertos temas. Por lo tanto, la autoría, atribución y responsabilidad de cada capítulo recaen directamente en sus autores.

Es crucial señalar que, aunque este libro ofrece una visión panorámica de la reciente investigación en movilidad, incluye solamente una pequeña parte del conocimiento producido por la academia. En el listado de referencias al final de este apartado se podrá encontrar más publicaciones realizadas por el autor en colaboración con otros investigadores referentes a la movilidad en Cuenca.

Aun así, todavía hay muchos temas pendientes de exploración. La ciencia es un campo en constante evolución, pero confiamos en que la inercia ya generada y el alto nivel de colaboración entre los investigadores de Cuenca serán cruciales para abordar los futuros desafíos de la movilidad. Esta colaboración promete facilitar la generación de un conocimiento científico que sea no solo riguroso, sino también útil, oportuno y accesible.

Referencias y bibliografía complementaria

Abad, L., y Orellana, D. (2018). Análisis exploratorio de comportamientos de ciclistas voluntarios mediante minería de patrones espacio-temporales en Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 9(1), 141–151. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.13>

Armas, R., Aguirre, H., y Orellana, D. (2022). Evolutionary bi-objective optimization for the electric vehicle charging stand infrastructure problem. *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 1139–1146. <https://doi.org/10.1145/3512290.3528859>

Cardoso, M., Orellana, D., y Hermida, M. A. (2021). Tactical urbanism: collective interventions in urban public spaces. En *Sustainable Urban Development* (pp. 6–1 to 6–22). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-3971-1ch6>

Guerrero, M., Orellana, D., Andrade, J., y Naranjo, G. (2020). Relation between Proximity to Public Open Spaces and Socio-economic Level in Three Cities in the Ecuadorian Andes. *6th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management*, 81–91. <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220%2f0009396600810091>

Guirao, B., y Orellana, D. (2021). New trends in urban mobility. En *Sustainable Urban Development* (pp. 4–1 to 4–17). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-3971-1ch4>

Hermida, C. (2018). *La ciudad no se mueve sola*. Casa Editora Universidad del Azuay. <https://doi.org/10.33324/ceu-azuay.23>

Hermida, C., Cordero, M., y Orellana, D. (2019). Analysis of the influence of urban built environment on pedestrian flow in an intermediate-sized city in the Andes of Ecuador. *Interna-*

tional Journal of Sustainable Transportation, 13(10), 777–787.
<https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1514445>

Hermida, M. A., Hermida, C., Cabrera, N., y Calle, C. (2015). La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca, Ecuador. EURE. *Revista latinoamericana de estudios urbano regionales*, 41(124), 25–44. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612015000400002>

Martínez, I., Pulla, P., Tapia, D., y Orellana, D. (2016). Análisis del área de influencia de infraestructura de ciclismo urbano usando un enfoque de energía. En G. Olmedo (Ed.), *Congreso REDU 2016* (pp. 9–10). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

MOVERE y EMOV EP. (2013). *Estudio para la elaboración del plan de ciclovías urbanas y proyecto definitivo para la fase piloto y del estudio para el sistema de transporte público en bicicleta de la ciudad de Cuenca*.

Municipalidad de Cuenca. (1999). Ordenanza De Planificación, Organización y Regulación del Tránsito y Transporte Terrestres en el Cantón Cuenca, 90, Concejo Cantonal De Cuenca. <https://www.cuenca.gob.ec/node/8795>

Municipalidad de Cuenca. (2015). *Plan de movilidad y espacios públicos. Tomo I*, 540.

Orellana, D. (2011). Dime cómo te mueves y te diré quién eres: La movilidad como huella del comportamiento espacial de las personas. En J. R. Vaquero (Ed.), *Movilidad, retos y oportunidades para los profesionales de la Información y Comunicación* (pp. 32–45). Fundación Ciencias de la de Documentación. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5191.6645>

Orellana, D. (2016). Métodos para el análisis de patrones de movilidad no motorizada. En B. L. E. de Alvarez Cristina (Ed.), *Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes* (pp. 140–

148). http://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/6802/1/Version%20digital_comunidades%20urbanas%20energeticamente%20eficientes.pdf#page=140

Orellana, D., Bustos, M. E., Marín-Palacios, M., Cabrera-Jara, N., y Hermida, M. A. (2020). Walk'n'roll: Mapping street-level accessibility for different mobility conditions in Cuenca, Ecuador. *Journal of Transport and Health*, 16, 100821. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100821>

Orellana, D., y Guerrero, M. L. (2019). Exploring the influence of road network structure on the spatial behaviour of cyclists using crowdsourced data. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(7), 1314–1330. <https://doi.org/10.1177/2399808319863810>

Orellana, D., Neira, M., Guerrero, M. L., Samaniego, P., y Hermida, M. A. (2016). New geotools for urban studies. En C. Engel, E. Nico-Rodrigues, L. Bragança, y R. Mateus (Eds.), *SBE16 Brazil & Portugal Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment* (pp. 857–866). http://sbe16.civil.uminho.pt/app/wp-content/uploads/2016/09/SBE16-Brazil-Portugal-Vol_2-Pag_857.pdf

Orellana, D., y Quezada, A. (2018). *Mapeo móvil participativo para la planificación de ciclovías urbanas*. PUCE. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30580>

Orellana, D., Quezada, A., Andino, A., y Peralta, C. (2019). *eMAPS.ec: Herramienta para Evaluación a Microescala de Ambientes Peatonales (Adaptación a ciudades ecuatorianas)* (Versión 1). Universidad de Cuenca. https://github.com/llactalab/eMaps_Score_QGIS_Plugin

Orellana, D., Quezada, A., Andrade, S., y Ochoa-Avilés, A. (2017). Metodología para definición de conglomerados de muestreo espacial en el entorno urbano basados en caminabilidad y factores socioeconómicos. *Proceedings of V Congreso REDU*, 487–491.

PADECO. (1999). *Plan para un sistema de tráfico sustentable para una ciudad piloto, Cuenca-Ecuador*.

Quezada, A., y Orellana, D. (2017). Detección de patrones secuenciales generalizados de movilidad de ciclistas a partir de datos crowdsourcing. *Memorias Universidad del Azuay*, 367–373. <http://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/83>

Quinde, C., Guillermo, D., Siguenza-Guzman, L., Orellana, D., y Pesántez-Cabrera, P. (2020). A Software Architecture Proposal for a Data Platform on Active Mobility and Urban Environment. *Information and Communication Technologies*, 501–515. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62833-8_37

Prólogo

Acertadamente, Daniel Orellana, amigo y compilador de este libro sugiere que una ciudad se caracteriza por la forma cómo se mueve. Sin duda alguna, sus desplazamientos describen cómo esta ha sido pensada y producida y, asimismo, qué la privilegia con relación a las interacciones económicas, sociales y ecológicas. Precisamente, en las relaciones que la movilidad genera radica su complejidad y el interés de su análisis.

El caso de estudio es Cuenca, una ciudad intermedia, Patrimonio Cultural del Ecuador y de la Humanidad, catalogada por muchos como un buen lugar para vivir en función de sus indicadores socioeconómicos y la calidad de sus servicios, sistemas y espacios públicos. No obstante, en el ámbito de la movilidad, si bien la Ciudad ha dado importantes avances en las últimas décadas, a través de planes y proyectos concretos de movilidad sostenible, es necesario analizar si la planificación, la institucionalidad y los proyectos que se han implementado alcanzan a tejer una estrategia sólida de sostenibilidad para el presente y el futuro de la Ciudad.

En ese sentido, este libro ofrece algunas lecciones para académicos, tomadores de decisiones del ámbito público y privado, y ciudadanos interesados en la movilidad. En un primer momento, el recorrido histórico sobre la movilidad de Cuenca pone de manifiesto una desarticulación entre los planes de la urbe y los planes y políticas de movilidad sostenible; de hecho, en la práctica, la tasa de motorización se ha triplicado en las tres últimas décadas lo que da cuenta de un crecimiento que pone en duda la sostenibilidad deseada.

Para quienes somos responsables de las instituciones académicas rescato algunos puntos que deben llamar nuestra

atención. El primero, establecer estrategias para eliminar la evidente distancia que existe entre la investigación de alta calidad que producimos en las universidades y las instituciones gubernamentales que planifican y deciden sobre la movilidad de la Ciudad; estas investigaciones muchas veces se producen con recursos públicos y no cumple la finalidad de incidir en los cambios sociales. El segundo, en las universidades, esta investigación no necesariamente alimenta los contenidos de la formación de nuestros estudiantes, lo que significa que nuestros programas estarían desaprovechando gran parte de la novedad que se produce en cada campo disciplinar. El tercero, es la falta de diálogo entre investigadores, grupos de investigación o dependencias académicas intra e interuniversitarias; debido a que la mayoría de los estudios se obtienen en bases de datos costosas o incluso a las que algunas universidades no están suscritas, lo cual elitiza la investigación relevante realizada en nuestros contextos.

En relación con la movilidad de Cuenca, extraigo algunas reflexiones de las conclusiones en esta obra. En la dimensión social, niñas, niños, adultos mayores y personas con discapacidad continúan en alto riesgo en el espacio y el transporte público sin que se avizoren políticas locales de prevención de la inseguridad o cambios radicales en las dinámicas de movilidad y acceso al espacio público que reviertan esta problemática persistente. En la dimensión económica, las inversiones públicas continúan promoviendo el mercado de la movilidad motorizada; y, las inversiones en movilidad y transporte público de los últimos años estarían generando plusvalías que podrían recuperarse para invertir en movilidad sostenible. En la dimensión ecológica, las investigaciones expresan persuasivamente la necesidad de la transición hacia la electromovilidad y el transporte público eléctrico; la posibilidad de avanzar hacia la energía solar fotovoltaica de uso doméstico cuyos excedentes alimenten la red pública y los sistemas de movilidad sostenible; también, nos presentan alternativas tecnológicas para hacer más eficiente los sistemas tranviarios como el nuestro, la exploración de sistemas de reducción de la congestión vehicular aplicables a nuestros contextos y estrategias de descarbonización del transporte público.

A título personal, considero que el discurso de la sostenibilidad es fácilmente utilizable, maleable y banalizable en la política y en la sociedad; de manera que investigaciones rigurosas como las que producimos contribuyen a disputar las nociones de sostenibilidad de forma crítica y propositiva. En las ciudades se producen y reproducen las fuerzas del modelo económico dominante y sus lógicas presionan sobre la planeación y el crecimiento que separan cada vez más las ciudades de la naturaleza, en consecuencia, nos alejamos de la sostenibilidad. La movilidad sostenible tiene el potencial para reconectar a la gente con la gente y a la gente con la naturaleza.

Para finalizar, quiero elogiar el esfuerzo y trabajo de altísima calidad de 45 investigadores de las cuatro universidades de Cuenca y dos universidades extranjeras. Igualmente, no puedo dejar de resaltar que esta obra proviene de una serie de producciones científicas sobre la Ciudad dentro del grupo de investigación LlactaLAB – Ciudades Sustentables, parte del Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población de la Universidad de Cuenca, al que orgullosamente pertenezco.

Contenido

Algunos desafíos actuales en la movilidad: género, entorno urbano y gestión del suelo	1
Carla Hermida	
Manuela Cordero	
Movilidad segura a la escuela: barreras y principales hallazgos	11
Adriana Quezada	
Daniel Orellana	
La movilidad en la periferia y su dependencia con la ciudad de Cuenca	27
Enrique Flores-Juca	
Jessica Chica	
Estefanía Mora-Arias	
La accesibilidad frente a distintas condiciones de movilidad	39
María Elisa Bustos	
Daniel Orellana	
Mateo Marín	
Natasha Cabrera	
Augusta Hermida	
Transporte público en Cuenca: línea base y oportunidades de mejora	49
Patricia Cazorla	
Elina Ávila-Ordóñez	
El sistema de <i>park and ride</i> en el entorno urbano de una ciudad media	67
Jairo Ortega	
János Tóth	
Tamás Péter	
Martín Ortega	

Sistema de transporte Bici Pública Cuenca: desafíos y oportunidades	81
Lisbeth Molina	
Adriana Quezada	
Daniel Orellana	
Control energético tranviario usando hidrógeno y supercapacitores	93
Paúl Arévalo	
Antonio Cano	
Francisco Jurado	
Características y efectos de la movilidad motorizada en la ciudad de Cuenca	111
Néstor Rivera	
Juan Molina	
Andrea Bermeo	
Gina Novillo	
Transporte, energía y transición a la electromovilidad	125
Xavier Serrano-Guerrero	
Antonio Barragán-Escandón	
Esteban Zalamea-León	
Descarbonización del transporte en Cuenca	141
Gustavo Álvarez-Coello	
Andrés Baquero-Larriva	
Mateo Coello-Salcedo	
Daniel Cordero-Moreno	
Efrén Fernández-Palomeque	
Robert Rockwood-Iglesias	
Francisco Torres-Moscoso	

**Implementación masiva de medios de
electromovilidad en entornos urbanos y su
impacto en la red eléctrica**

Vinicio Iñiguez-Morán
Danny Ochoa-Correa
Juan Leonardo Espinoza

155

**La transición a la electromovilidad: una
perspectiva técnico-eléctrica**

Diego Morales Jadán
Marco Toledo Orozco
Javier Cabrera Mejía

173

Transporte público en Cuenca: línea base y oportunidades de mejora

Patricia Cazorla  0000-0002-6730-3773

Elina Ávila-Ordóñez  0000-0003-1135-3154

Departamento de Ciencias de la Computación, Grupo de Investigación
Modelos, Análisis y Simulaciones, Universidad de Cuenca

Puntos clave

- Es necesario mejorar la planificación urbana y la eficiencia del transporte público para hacer la ciudad inclusiva, segura, resiliente y sostenible.
- Se presentan metodologías holísticas y de optimización para mejorar calidad del servicio.
- Se definen los desafíos que los gobiernos autónomos descentralizados deberán asumir.

49

Introducción

El transporte público (TP) en Cuenca es un tema crítico para su desarrollo sostenible. No solo es vital para garantizar la accesibilidad de las personas a las actividades cotidianas, sino que también contribuye a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y mitigar los efectos negativos de la motorización individual en la salud, la economía, la configuración de la ciudad y las relaciones sociales (UN General Assembly, 2015). El servicio de buses es el modo de transporte público más difundido en la ciudad, por lo tanto es importante garantizar un servicio accesible, justo y sostenible.

Sin embargo, los resultados de investigación indican que existen oportunidades de mejora en la configuración y gestión

del transporte público en Cuenca (Avila-Ordóñez et al., 2022; Cazorla, 2021); por ejemplo, un porcentaje significativo de la población no tiene acceso este servicio (Municipalidad de Cuenca, 2015), lo que podría reducirse con una mejor distribución espacial y ruteo de las líneas.

A nivel mundial, los servicios públicos suelen ser los más afectados durante situaciones de emergencia, como la pandemia del COVID-19 (Calderón, et al., 2022). Ese fue el caso de Ecuador, el transporte público fue uno de los sectores económicos más afectados, lo que generó un largo proceso de recuperación una vez levantadas las restricciones de movilidad (Villa et al., 2021).

La implementación de medidas como el desarrollo orientado al transporte (DOT) y la gestión de la demanda del transporte (GDT) podrían lograr un equilibrio entre la accesibilidad y la habitabilidad en la ciudad, reducir la dependencia del automóvil y priorizar modos sostenibles de transporte (Cazorla, 2021).

DOT es un enfoque de planificación urbana que integra el diseño de espacios con el sistema de transporte para promover una movilidad sostenible y eficiente. Busca crear entornos urbanos compactos, conectados y menos dependientes del automóvil, fomentando el uso de modos de transporte activos y públicos (Wiedmann y Schlosser, 2021). Su objetivo es mejorar la calidad de vida y reducir el impacto ambiental en la movilidad urbana. Por otro lado, la Gestión de la Demanda de Transporte (GDT) consiste en estrategias para influir en la demanda de viajes y mejorar la eficiencia y sostenibilidad del transporte. Promueve alternativas como el uso compartido de vehículos, el transporte público y la movilidad activa. Incluye la planificación del uso del suelo y políticas tarifarias para optimizar la infraestructura y reducir la congestión y los impactos ambientales, para mejorar la accesibilidad y la calidad de vida de los usuarios (Wang et al., 2022).

Por otro lado, la formulación del problema de configuración de líneas junto con la aplicación de algoritmos para la optimización del problema permitiría alcanzar una configuración de la red con una significativa disminución en el tiempo total de viaje (Avila-Ordóñez y Vansteenwegen, 2015). Además, la configuración flexible de las líneas de buses permitiría realizar ajustes a los recorridos en situaciones inusuales, lo que repre-

senta una ventaja en términos de adaptabilidad y eficiencia en el servicio de transporte público (Ávila-Ordóñez et al., 2022).

El transporte público es un sistema complejo que implica múltiples perspectivas técnicas, económicas, sociales y urbanas, entre otras. Por lo tanto, es fundamental identificar a todas las partes interesadas para formar alianzas que fortalezcan el proyecto y faciliten su ejecución, o para tomar medidas oportunas que debiliten posibles oposiciones (Dudley et al., 2019; Sarker et al., 2020). La aplicación de metodologías holísticas como la Teoría de Red de Actores (ANT, por sus siglas en inglés) para mejorar el servicio de transporte público es una contribución novedosa en la región en términos de conocimiento académico y metodologías aplicadas (Muniesa, 2015).

ANT permite mapear y analizar la complejidad física y social de infra-sistemas. Un infra-sistema se refiere a la infraestructura física y material que permite las interacciones sociales y facilita la formación de redes entre los actores. Estos pueden ser objetos y tecnologías como carreteras, edificios, redes de comunicación y sistemas de transporte. ANT posibilita la comprensión sobre cómo las infraestructuras y las tecnologías moldean el comportamiento y las interacciones sociales de los actores involucrados (Sarker et al., 2020).

En este capítulo se establece la línea base del transporte público de Cuenca, se analiza su relación con la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, y se examina la deficiencia de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales en asumir las competencias transferidas por el gobierno central. Además, se presenta el plan de líneas de buses en Cuenca y se destacan las ventajas de contar con una configuración flexible en dicho plan.

Línea base del transporte público

El transporte público en Cuenca se compone de autobuses y tranvía, pero la cobertura de buses solo llega al 77,5 % del territorio urbano (Municipalidad de Cuenca, 2015). El GAD Municipal

es responsable de brindar el servicio de transporte público en la ciudad, aunque el servicio de buses, taxis y transporte mixto es operado por el sector privado. La ausencia de una planificación urbana adecuada impacta negativamente al transporte público, afectando la calidad de vida de los ciudadanos y su movilidad.

Aunque el gobierno central y local proporcionan subsidios para el transporte público, estos no se enfocan en mejorar la calidad del servicio. Además, los accidentes de tráfico son una de las principales causas de muerte en Ecuador, 3 279 en 2021 según el INEC (2022). La cercanía a las estaciones, o paradas de transporte, y la cobertura geográfica son importantes para determinar la accesibilidad del transporte público en Cuenca. La percepción de la calidad del servicio es variable, y la inseguridad en el interior de las unidades es lo que más desestimula el uso de este medio de transporte (Mejía et al., 2015).

Para mejorar la productividad del transporte público en Cuenca y promover una ciudad inclusiva, segura y resiliente, es necesario aplicar medidas adicionales que lo conviertan en un servicio sostenible en términos de cobertura, accesibilidad, ocupación de vehículos, tiempo de viaje, saturación vial y emisiones de CO₂ (Cazorla, 2021). La planificación urbana es fundamental para mejorar la eficiencia, confianza, accesibilidad y rentabilidad del transporte público en una ciudad.

En el estudio de Cazorla P. (2021) hemos identificado a los actores interesados y los no interesados, las relaciones formales entre ellos y las interdependencias que juegan un papel en el establecimiento y ejecución de estrategias para mejorar el servicio y la cobertura del transporte público en Cuenca. La tabla 1 muestra los 11 actores identificados, de los cuales se reconoce a los operadores de zonas privadas de aparcamiento como los principales opositores a la mejora del servicio de transporte público en buses. Se propusieron 22 actividades de desarrollo orientadas al transporte y a la gestión de la demanda, con participación ciudadana, comunicación y coordinación entre los departamentos gubernamentales. Además, se reconoce en el estudio, la necesidad de entender el modelo de negocio de los operadores privados de transporte público para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Articulación con la LOTTSV y la brecha en la implementación

La Ley Orgánica de Transporte terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTSV) del Ecuador, modificada en agosto de 2021, establece pautas para la planificación del transporte, priorizando la equidad, libre movilidad y desarrollo sostenible, en concordan-

Actividades	Acciones a tomar	Actores responsables
1. Balanceo de la demanda de TP durante el día		
1.1 Aumentar la densidad de población en áreas donde la infraestructura vial actual está subutilizada y existen terrenos vacantes	Actualización del inventario de lotes vacantes	Secretaría General de Planificación, Dirección de Gestión de la Movilidad (DGM)
1.2 Reconfiguración del plan de líneas de manera que cada zona de origen se conecte de forma eficiente hasta la principal zona de destino	Crear matriz origen-destino por zona por línea de bus	DGM, EMOV EP
1.3 Balanceo de los atractores de viaje en las zonas con alta demanda de TP	Actualización del inventario de los atractores de viaje	Secretaría General de Planificación, DGM
1.4 Incrementar la confiabilidad en el sistema de TP	Establecer una configuración flexible del plan de líneas	EMOV EP, Consorcio SIR Cuenca (Operadores del servicio de transporte público en buses)

Actividades	Acciones a tomar	Actores responsables
1.5 Cumplimiento con los puntos de parada	Programas de educación vial en escuelas y colegios, y programas de capacitación para operadores de autobuses	Consortio SIR Cuenca, usuarios de bus, Ministerio de Educación, EMOV EP
1.6 Mejora en el método de pago del ticket de TP	Fortalecer el uso de la tarjeta electrónica mediante campañas publicitarias y programas de educación vial	Consortio SIR Cuenca, usuarios de bus, Ministerio de Educación, EMOV EP
1.7 Implementar sistemas de seguridad dentro de las unidades, como cámaras de video (frontales y traseras), validadores de boletos y botones de emergencia	Supervisión, control y monitoreo aleatorio de los dispositivos instalados	Consortio SIR Cuenca, EMOV EP
1.8 Fortalecer la formación y capacitación de los conductores	Convenios con las universidades para brindar formación académica a través de programas de formación continua	Consortio SIR Cuenca, EMOV EP, Universidad de Cuenca
1.9 Brindar un servicio de calidad y calidez	Convenios con las universidades para brindar formación académica a través de programas de formación continua	Secretaría General de Planificación

Actividades	Acciones a tomar	Actores responsables
2. Ampliación de la cobertura del servicio de transporte público en buses		
2.1 Densificar áreas con escasa población mediante el estímulo a constructores para implementar programas de vivienda	Mejorar la coordinación entre el departamento de planificación y control, basándose en los productos de 1.1. Proporcionar incentivos para aumentar el número de viviendas por lote	Secretaría General de Planificación, DGM
2.2 Reconfiguración del plan de líneas	En base a los resultados del punto 1.2	DGM, EMOV EP
2.3 Reconfiguración de los puntos de parada	En base a los resultados del punto 2.2	DGM, EMOV EP
3. Reducir el costo total del viaje para el servicio de TP		
3.1 Mejorar las condiciones de la infraestructura vial por donde circulan los buses	En base a los resultados del punto 1.2	DGM, Obras públicas (OOPP)
3.2 Implementar políticas de prioridad para el TP en los principales corredores	Utilizar los datos del centro de operación de tráfico (semáforos, señalización horizontal y vertical, elementos físicos) para gestionar el tráfico	DGM, OOPP

Actividades	Acciones a tomar	Actores responsables
3.3 Implementar una frecuencia dinámica dentro de la tabla de operaciones del TP	En base a los resultados de los puntos 2.2 y 1.3	DGM, Consorcio SIR Cuenca
3.4 Ampliar la cobertura del servicio de TP a toda el área urbana	En base a los resultados de los puntos 1.3 y 2.2	DGM, EMOV EP
4. Disminuir la dominancia del vehículo privado		
4.1 Revisar el esquema fiscal para la adquisición de vehículos y estimular el uso de medios de transporte limpios y alternativos	Reducción progresiva de los subsidios a los combustibles para los usuarios de vehículos privados. Fortalecer e incrementar los impuestos verdes, por ejemplo, la implementación de impuestos por kilómetros recorridos durante periodos pico en zonas congestionadas	GAD Municipal de Cuenca
4.2 Incremento del tiempo de viaje para los usuarios de vehículos privados en favor de los usuarios de TP (prioridad al TP en los corredores)	En base a los resultados del punto 3.2	DGM, EMOV EP

Actividades	Acciones a tomar	Actores responsables
4.3 Reducción progresiva de la oferta de aparcamiento en el distrito central e incremento de aparcamiento de borde	En base a los resultados de los puntos 1.3 y 2.2	DGM, EMOV EP, Secretaría General de Planificación, Operadores privados de zonas de aparcamiento
4.4 Cambio en la percepción de la ciudadanía respecto a la relación entre propiedad de un vehículo privado y el estatus social	Programas de educación en escuelas y colegios	EMOV EP, Organización ciudadana, Ministerios de Educación

cia con los artículos 66 y 397 de la Constitución de la República del Ecuador.

La LOTTSV garantiza la priorización del espacio vial y recursos en el siguiente orden: peatones, ciclistas, usuarios de transporte público, transporte comercial y de carga, y usuarios de transporte particular (Arts. 3, 7). También establece la obligación de expedir un Plan Nacional de Movilidad y Logística del Transporte y Seguridad Vial, supervisar y evaluar su implementación (Arts.15, 196B) y promover el uso de plataformas digitales para la gestión de terminales terrestres, peaje automático y un modelo de gestión de transporte (Arts. 62A, 64A y 65A).

La ley también estimula la movilidad activa como política nacional, establece la necesidad de implementar un Sistema de Información de Movilidad (Art. 214K) y reconoce la importancia de la capacitación de conductores y actores de la movilidad para promover una cultura vial responsable y sostenible (Arts. 88, 93). En particular, se prioriza la capacitación en movilidad activa, respeto al peatón y al ciclista en los programas de capacitación (Arts. 185, 186, 204D, 204E de la LOTTSV).

Sin embargo, muchos gobiernos autónomos descentralizados enfrentan desafíos en el cumplimiento de estos artículos debido a la falta de conocimiento y capacidad técnica en la materia. En Cuenca, la planificación y gestión del transporte público requiere un enfoque multidisciplinario y un profundo conocimiento de las mejores prácticas, modelos de movilidad y tecnologías disponibles. Sin embargo, el gobierno local carece de acceso a expertos que aprovechen la información de la matriz origen-destino que entregamos en 2020 y que permitiría abordar eficazmente los desafíos del transporte público.

Esta limitación de capacidad técnica puede llevar a la implementación de políticas y proyectos inadecuados o mal ejecutados, lo que resulta en una baja calidad de los servicios de transporte y una limitada satisfacción de los usuarios en Cuenca. Por lo tanto, es fundamental fortalecer la capacitación y el apoyo técnico para los funcionarios encargados de la planificación y gestión del transporte en el ámbito local, con el objetivo de asegurar una implementación adecuada de la legislación y una mejora significativa en la eficiencia y calidad del transporte público en la ciudad.

El plan de líneas de buses de Cuenca

El Problema de Planificación de Líneas (LPP, en inglés) es un problema combinatorio complejo que permite diseñar el conjunto de líneas que forman parte de un servicio de buses; es decir, un plan de líneas (Borndörfer et al., 2008; Schöbel, 2012; Durán-Micco & Vansteenwegen, 2022). Esta es una decisión estratégica que se ubica en la primera fase del proceso de planificación de transporte público inicialmente definido en el estudio de Ceder & Wilson (1986). Luego, se decide de forma secuencial las frecuencias, horarios de partida y horarios para la flota y conductores.

El sistema de transporte público en bus de Cuenca se ha configurado, en un principio, en respuesta a la aparición de nuevas zonas pobladas y a la ubicación de los atractores de via-

je más demandados por la población. Luego, ha sufrido ajustes a través de los años, con base en estudios técnicos que han evaluado el servicio y han propuesto modificaciones. A pesar, de que el servicio actual contribuye a la movilidad en la urbe, el diseño del plan de líneas podría mejorarse aplicando algún método formal que facilite su optimización. En el estudio de Ávila-Ordóñez et al. (2022) se aplica el LPP al servicio de buses de Cuenca vigente al 2019 y demuestra que podría obtenerse beneficios especialmente en reducir el tiempo total de viaje en un 10 %; además de una importante reducción en el número de transferencias requeridas para conectar cualquier par de puntos de la ciudad. Este ejemplo, demuestra la oportunidad de mejorar que tienen los indicadores de desempeño de este importante transporte público.

El LPP requiere de varios parámetros de entrada como la infraestructura, los tiempos de viajes, los tiempos de transferencia o la demanda. La demanda determina los lugares de origen y los destinos de los viajes y se emplea en el LPP para satisfacer a todo usuario potencial del servicio. Sin embargo, contar con este dato merece grandes esfuerzos de la ciudad por procurar recolectarlos y mantenerlos. En la actualidad la Universidad de Cuenca, a través de su grupo de investigación Modelos, Análisis y Simulaciones del Departamento de Ciencias de la Computación, se encuentra aplicando un modelo matemático estocástico para determinar la demanda de transporte público en la ciudad. Esa investigación está en curso y próximamente entregará a la ciudad una matriz de orígenes-destinos multimodal diaria, que será el insumo de muchos procesos que conduzcan a soluciones de los problemas de movilidad en la urbe.

Un toque de flexibilidad

Un usuario del servicio de bus aprende a usarlo y se acostumbra a él, pero reconoce que en ocasiones el ruteo inyecta tiempos adicionales a su viaje. Por ejemplo, no todas las líneas de bus siguen los caminos más cortos entre dos puntos. Además, en-

tendemos a una ruta de bus como algo que carece de flexibilidad, únicamente situaciones que impidan su circulación, como un cierre de vía, provocan un cambio en su ruta. En el estudio de Ávila-Ordóñez et al. (2022) proponemos una visión distinta para el ruteo de líneas de buses, un enfoque flexible al que se denomina *Flexible Line Plan* (FLP).

En Cuenca, como en muchas otras ciudades, existen eventos inusuales que pueden ser anunciados y por lo tanto darnos oportunidad de organizarnos; un ejemplo es la realización de eventos en el Estadio Municipal. Esta situación restringe el tráfico en las zonas aledañas, cambia la demanda de viajes en el sector y perjudica el tiempo que emplean esas vías comúnmente.

Un diseño de rutas basado en un FLP sortea las dificultades de la situación inusual por medio de cambios sutiles pero beneficiosos de las líneas habituales. Luego, se reestablece el servicio normal, haciendo que los usuarios gocen de un servicio óptimo (o cercanamente óptimo) tanto en la situación usual como en una inusual. Para ello se diseña una heurística denominada *Alternative Line Heuristic* (ALH) que analiza un plan óptimo de la situación inusual, identifica las diferencias y similitudes con el plan usual y adapta las líneas que operan en la ciudad con el principio de modificar lo menos posible para maximizar los beneficios. En el mismo estudio, se demuestra la utilidad de la flexibilidad en las rutas de bus. La Figura 1 ilustra cómo ALH, diseña una nueva línea (línea continua) que define la mejor ruta posible para los usuarios que deben llegar a su destino sin pasar por una zona congestionada. En este ejemplo, se asume que el estadio de la ciudad es la sede de un evento que atrae gran demanda. Los usuarios que no están interesados en asistir al evento, no deberían verse perjudicados por los efectos negativos de usar una línea de bus que pase por esa zona (Ávila-Ordóñez et al., 2022).

Aunque pudiera parecer que los tiempos de viaje usando la línea alternativa serían mucho más altos, no es cierto. Los atascos por el exceso de la demanda, el cierre de calles alrededor del estadio y una velocidad de circulación promedio menor, hacen que la ruta alterna sea más ventajosa. Si bien, el ejem-

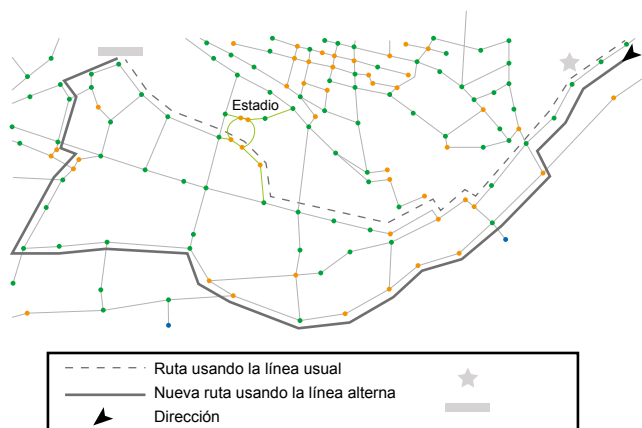


Figura 1. Ejemplo de flexibilidad.

plo de la Figura 1, ilustra una línea alternativa que evade la zona conflictiva, habrán otras líneas capaces de conectar mejor a la demanda generada por el evento. En efecto, la heurística ALH, también diseñará líneas alternativas que mejoren la conexión hacia el estadio. La Figura 2, presenta una línea que evita a los usuarios varias transferencias para llegar hasta la zona del evento.

Pero el número de líneas alternativas, que sustituyen temporalmente a las usuales, deberá ser pequeño para mantener el servicio lo más parecido a lo habitual. El balance entre el beneficio y la estabilidad del servicio es un reto para este tipo de planificación.

La heurística ALH, tiene muchas ventajas, especialmente el hecho de diseñar rápidamente la mejor ruta considerando toda la red; por lo tanto, su solución es cercana al óptimo. Métodos como el indicado, deberían formar parte de la organización del servicio de transporte público de la ciudad, ya que una mejor experiencia de viaje induce a una mayor demanda del servicio.

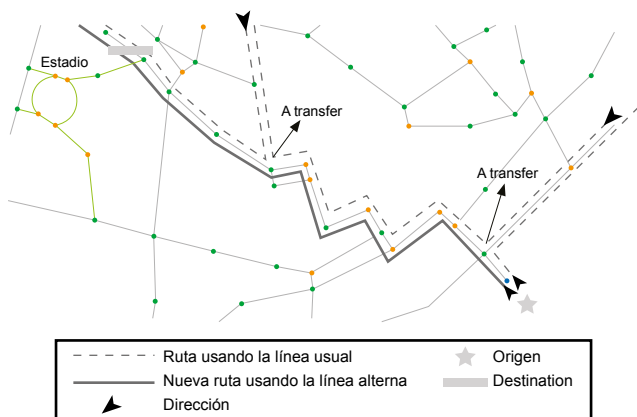


Figura 2. Una línea alternativa para mejorar la conexión hacia el estadio.

Conclusiones, limitaciones y próximos pasos

Este artículo se enfoca en el análisis de la movilidad y el transporte público en la ciudad de Cuenca, al destacar su importancia para el desarrollo sostenible y la calidad de vida de sus habitantes. Se señala que, a pesar de ser un elemento fundamental, existen desafíos significativos en términos de cobertura, eficiencia y calidad del servicio de transporte público. Se aborda la aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y su impacto en la planificación y gestión del transporte público en Cuenca, subrayando la necesidad de fortalecer la capacitación técnica y el apoyo para los funcionarios locales. Además, se introduce un enfoque innovador llamado *Flexible Line Plan* (FLP) que busca mejorar la flexibilidad y eficiencia de las rutas de autobús, permitiendo ajustes dinámicos en situaciones inusuales.

En el marco de este estudio, se identifican oportunidades para mejorar la calidad del transporte público y su contribución a una ciudad más accesible, segura y sostenible. A través de la implementación de estrategias como el FLP y la formación de alianzas entre diversos actores, se busca optimizar la movilidad en Cuenca y promover un cambio positivo en la percepción y el uso del transporte público. Este artículo también subraya la importancia de abordar integralmente los desafíos de movilidad urbana y ofrece perspectivas valiosas para la planificación y gestión del transporte público en la ciudad.

Un enfoque flexible al transporte público permite ajustarse a las necesidades de sus usuarios, sin embargo, aún hace falta estudiar sobre modos de aplicar las Tecnologías de la Información y Comunicación para informar oportunamente a los usuarios sobre la operación de líneas alternativas. Para el caso de estudio analizado, es decir la ciudad de Cuenca, se deberá validar y calibrar la matriz origen y destino para este modo de transporte y definir una metodología que facilite conocer las nuevas demandas que un evento generarán.

El transporte público en bus, es la clave para una movilidad sostenible por lo que, en el futuro la investigación deberá identificar formas de dotarle incluso de más flexibilidad para atraer una mayor demanda. Es esencial que los actores involucrados formen parte activa de este proceso, por lo que sin duda, se deberían organizar jornadas en las que se discuta sobre este modo de transporte y cómo ofertarlo.

Tomar un bus para llegar a nuestros destinos es un acto de ciudadanía.

Avila-Ordóñez, E., y Vansteenwegen, P. (2015). *Towards a Flexible and Adaptive Planning of Public Transportation: A sensitivity analysis of the Network Design*.

Avila-Ordóñez, E., Tampère, C. M. J., Peralta, P. V., & Vansteenwegen, P. (2022). The design of a flexible bus line plan. *Expert systems with applications*, 203, 117352.

Borndörfer, R., Grötschel, M., y Pfetsch, M. E. (2008). *Models for line planning in public transport*. Springer.

Calderón, F., Vanegas, P. C., y Ávila-Ordóñez, E. (2022). A systematic review of COVID-19 transport policies and mitigation strategies around the globe. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 100653.

Cazorla, P. (2021). A Holistic Decision-Making Process to Improve the Productivity of Public Transportation in Cuenca-Ecuador. *Revista*, 48(2), 33–42.

Ceder, A., y Wilson, N. H. M. (1986). Bus network design. *Transportation Research Part B: Methodological*, 20(4), 331–344.

Dudley, G., Banister, D., & Schwanen, T. (2019). The dynamics of public participation in new technology transitions: the case of dockless bicycle hire in Manchester. *Built environment*, 45(1), 93–111.

Durán-Micco, J., y Vansteenwegen, P. (2022). A survey on the transit network design and frequency setting problem. *Public Transport*, 14(1), 155–190.

General Assembly, G. (2015). Sustainable development goals. *SDGs Transform Our World, 2030*, 6–28.

Mejía Mejía, V. L. (2015). *Medición de la percepción sobre servicios básicos de la población más vulnerable de la ciudad de Cuenca-Ecuador 2010-2014*. Universidad Politécnica Salesiana.

Municipalidad de Cuenca. (2015). Plan de movilidad y espacios públicos. *Tomo I*, 540.

Sarker, R. I., Mailer, M., y Sikder, S. K. (2020). Walking to a public transport station: empirical evidence on willingness and acceptance in Munich, Germany. *Smart and Sustainable Built Environment*, 9(1), 38–53.

Schöbel, A. (2012). Line planning in public transportation: models and methods. *OR Spectrum. Quantitative Approaches in Management*, 34(3), 491–510.

Al estudiar la movilidad urbana se puede aprender mucho sobre una ciudad, hablamos de la capacidad de planificación, de la importancia que se da al espacio público y al ambiente, de las inequidades sociales, de la salud de la población; a partir de esto podríamos afirmar: “Dime cómo te mueves y te diré que tipo de ciudad eres”.

ISBN: 978-9978-14-546-3



UCUENCA

