

02

Propuesta de actualización del Plan de Infraestructura Ciclovitaria

para Lima y Callao



THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Copyright © 2020 por Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial Región de América Latina y El Caribe

1818H Street, N.W. Washington D.C. 20433, U.S.A.

www.bancomundial.org

Todos los derechos reservados

El Banco Mundial, no garantiza la exactitud de la información incluida en este reporte y no aceptan responsabilidad alguna por cualquier consecuencia derivada de su uso o interpretación.

Los límites, los colores, las denominaciones y demás información contenida en los mapas de este reporte no presuponen, por parte del Grupo del Banco Mundial, juicio alguno sobre la situación legal de cualquier territorio, ni el reconocimiento o aceptación de dichos límites.

Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresadas en este reporte son en su totalidad de los autores y no deben ser atribuidas en forma alguna al Banco Mundial, a sus organizaciones aliadas, a los miembros de su Directorio Ejecutivo ni a los países que representan.

El material de esta publicación está protegido por el derecho de propiedad intelectual.

Las fotografías son de Claudio Olivares Medina excepto cuando se hace mención explícita al autor.

Edición: Primera edición

Banco Mundial

Este documento fue elaborado por: Felipe Targa (Especialista Senior de Transporte Urbano del BM), Jeroen Buis (Consultor del BM), Claudio Olivares Medina (Consultor del BM), Javier Flores (Consultor del BM) y Javier Peña (Consultor del BM). Con la colaboración en el Capítulo 8 de: Kees van Ommeren y Lilian Tilburgs (Decisio). El documento contó con revisiones y comentarios realizados por: Leonardo Cañón (Especialista de Transporte Urbano del BM), Giovanni Zayas (Consultor del BM) y, el equipo de la Subgerencia de Transporte No Motorizado - MML : Jenny Samanez (Subgerente TNM), Katherine Santillan, Pierre Vitteri, Carlos Villanueva, Ze Carlos Malpartida y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento: Hernán Navarro y Gladis Macizo.

Contó con el apoyo de: Municipalidad Metropolitana de Lima, Subgerencia de Transporte No Motorizado, Municipalidades distritales de Lima; Municipalidad Provincial del Callao; la Embajada del Reino de los Países Bajos en Lima (Perú); y Mesa Bici de Lima.

Agradecimientos

Los autores, así como la Práctica Global de Transporte del Banco Mundial, agradecen al **Fondo Multi-Donante de Movilidad y Logística Sostenible (MOLO)** por la donación de los recursos para este proyecto y que sirvieron para la preparación de este documento, en particular al Ministerio de Finanzas de Austria, al Ministerio de Cooperación y Desarrollo de Alemania (BMZ) y al Ministerio de Asuntos Económicos de Suiza (SECO).

Los autores agradecen a todo el equipo del Banco Mundial y consultores que contribuyeron a lo largo de los tres años de desarrollo de este proyecto con insumos, participación de actividades y comentarios a los productos, en particular: Irene Portabales (Especialista de Transporte del BM), Sofia Guerrero (Ingeniera Senior de Transporte del BM), Lincoln Flor (Economista Senior de Transporte del BM), Georges Darido (Especialista Líder Global de Transporte Urbano del BM), Daniel Pulido (Oficial Senior de Inversión del IFC), Holly Krambeck (Economista Senior del BM), Marisol Noriega (Asistente de Programa del BM), Carlos F. Pardo (Consultor del BM), Daniel Paez (Consultor del BM), Cesar Arango (Consultor del BM), William Moose (Consultor del BM), Lucia Uceta (Consultor del BM), Monserrat Bordas (Consultor del BM), Ignacio Sánchez (Consultor del BM).

También agradecemos a los miembros del equipo gerencial del Banco Mundial que apoyaron e hicieron posible este proyecto: Franz R. Drees-Gross, Marianne Fay, Alberto Rodriguez, Boris Utria, Bjorn Philipp, Oliver Braedt, y Bianca Bianchi.

Índice

Agradecimientos —3

1. El Plan como parte de la Estrategia —7

2. Planes y proyectos de infraestructura ciclovitaria anteriores —9

Planes de infraestructura ciclovitaria —9

Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao 2005 - 2025 —10

PLAM 2035 - red de ciclovías —13

Infraestructura ciclovitaria existente —15

3. Actualización de la red ciclovitaria metropolitana —19

Requisitos para el desarrollo de la red —19

Aproximación a una red de ciclovías para Lima y Callo —22

4. Jerarquía vial y perfiles por tipo de vía —33

Jerarquía vial: función, forma y uso —33

Resumen: análisis de jerarquía vial —38

Recomendaciones: revisión y recategorización Ordenanza 341 —39

Criterios de intervención de perfiles tipo con infraestructura ciclovitaria —40

Conclusiones del análisis de perfiles tipo con infraestructura ciclovitaria —46

Estimación de costos de implementación de la red propuesta —47

Estimación del costo de la red de infraestructura ciclovitaria propuesta —53

5. Diseño de infraestructura ciclovitaria —57

Características de infraestructura ciclovitaria existente —57

Calidad y estado de la infraestructura ciclovitaria existente —62

Criterios de diseño para la infraestructura ciclovitaria en secciones —74

Criterios de diseño para la infraestructura ciclovitaria en intersecciones —79

6. Escenarios de implementación de la red ciclovitaria —83

Escenarios de implementación para el largo plazo —83

Propuesta preliminar de implementación para el mediano plazo —85

Propuesta preliminar de implementación para el corto plazo (2020-2022) —88

Estimación de costos de implementación de la red de corto plazo —91

Escenarios de implementación en los sectores periféricos —93

7. Integración de la red con el transporte público —97

Intermodalidad —97

Integración de la bicicleta al Metropolitano y Metro de Lima —99

8. Análisis costo-beneficio social de la red ciclovitaria propuesta —111

Introducción —111

Insumos —112

Efectos —113

1. El Plan como parte de la Estrategia

Este trabajo sintetiza el apoyo del Banco Mundial para la actualización del Plan de Infraestructura Ciclovial para Lima y Callao. Busca ser una parte estructurante de la propuesta para una Estrategia de la Bicicleta en Lima.

El documento “Propuesta y Recomendaciones para la formulación de una Estrategia para la Bicicleta en Lima Metropolitana” elaborado por el Banco Mundial, presenta una acción estratégica relacionada con la actualización del Plan de Infraestructura Ciclovial para Lima y Callao. La propuesta para la Estrategia de la Bicicleta fue diseñada y dirigida a las acciones que la Municipalidad Metropolitana de Lima podría adelantar bajo sus funciones y competencias del transporte no motorizado de la ciudad de Lima. En ese documento se argumenta que el trabajo coordinado de la Municipalidad de Lima y Callao entidades del Gobierno Nacional y en el contexto de una nueva realidad institucional, con la creación de la Autoridad de Transporte Urbano (ATU) y la adopción de una Política Nacional de Transporte Urbano (PNTU), así como los procesos de actualización del Plan Urbano Metropolitano 2040 y del Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao al 2050, ofrecen una oportunidad histórica única para insertar el componente estructurante de la movilidad activa en estos procesos de planeamiento y de reforma institucional. Estos procesos influenciarán dos aspectos claves en cualquier política pública de transporte urbano: la redistribución y uso del espacio público (la calle y su función de movilidad), y la progresividad y equidad de la inversión pública en los diferentes modos de un transporte multimodal. Adicionalmente a estos procesos, la revolución en marcha de la movilidad eléctrica, en particular para los denominados sistemas de movilidad personal, genera las condiciones propicias para insertar el componente de la red ciclovial como un eje estructurante de ciudad y de su sistema de transporte urbano. Bajo la visión y enfoques propuestos para la estrategia, y para el logro de los objetivos bajo las líneas de acción de “Pedaleando Seguro” e “Infraestructura Segura y Cómoda para Pedalear” se hace necesario actualizar el Plan de Infraestructura Ciclovial para Lima y Callao, y proponer estrategias de priorización e implementación.

Mientras que la Estrategia desarrolla diferentes aspectos de una política ciclo-inclusiva, como gestión institucional, cultura, comunicación y participación, normas y códigos, el Plan de Infraestructura Ciclovial se enfoca en los aspectos físicos. Estos aspectos físicos se refieren a la infraestructura necesaria para crear condiciones atractivas y seguras para aumentar el uso de la bicicleta en Lima y Callao, reduciendo el riesgo de accidentes fatales en incidentes de tráfico.

Este documento se estructura en ocho capítulos y anexos. El capítulo 2 presenta los principales planes y proyectos de infraestructura que se han desarrollado en Lima.

En el capítulo 3 se explica cómo se ha diseñado la red de infraestructura ciclovía propuesta. El capítulo 4 incluye un análisis de la jerarquía vial según la Ordenanza 341 y la variedad de perfiles viales existentes. Con base en este análisis, se identificaron 14 perfiles viales tipo y para cada perfil se propone entre uno y cuatro opciones de perfiles con intervención de infraestructura ciclovía. El capítulo 4 incluye una estimación de costos de inversión y mantenimiento de la infraestructura y red propuesta. En el capítulo 5 se analizan los estándares de diseño aplicados en la infraestructura ciclovía existente y se incluye una valoración de la calidad de esta infraestructura. Este capítulo incluye además un resumen de los criterios de diseño que se sugiere aplicar en esta propuesta. En el capítulo 6 se propone una estrategia de implementación con un plan de corto plazo y un plan de mediano-largo plazo. El capítulo 7 presenta criterios para la integración de la bicicleta y el transporte público masivo. El capítulo 8 cierra con la presentación del análisis costo-beneficio en la implementación de la red ciclovía propuesta.

Este trabajo sintetiza el apoyo del Banco Mundial para la actualización del Plan de Infraestructura Ciclovía para Lima y Callao.

Es parte estructural de la Propuesta para una Estrategia de la Bicicleta en Lima. La presentación preliminar de esta propuesta se hizo en un taller con actores locales en Lima en noviembre de 2019. Durante el primer semestre de 2020 se llevará a cabo la diseminación, transferencia de conocimiento, entrega de productos y bases de datos a las autoridades y actores clave de Lima.



2. Planes y proyectos de infraestructura ciclovía anterior

Planes de infraestructura ciclovía

En el documento de propuesta de la Estrategia se presentó un análisis de los antecedentes de planes, proyectos y políticas para la bicicleta en Lima, el cual se complementa con mayor detalle para los planes de infraestructura en esta sección. Lima ha desarrollado estudios vinculados al tema de infraestructura de Transporte No Motorizado (TNM), principalmente con el apoyo del Banco Mundial desde 1994. Aunque en 1989 ya se habían inaugurado las primeras ciclovías en la vía Panamericana Norte, en 1995 se empezaron a construir las primeras ciclovías para Lima y Callao con apoyo del Banco Mundial, principalmente en la zona industrial de Lima. Posteriormente en el 2002 el Banco Mundial con financiamiento del GEF inicia el proyecto "Humanizando el Transporte para Lima Callao con Calidad de Vida", el cual contemplaba un componente de promoción y otro de infraestructura para la bicicleta.

En el marco del proyecto GEF se desarrolla el Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao 2005-2025, el cual fue aprobado mediante Acuerdo de Concejo Municipal N°067-2007-MML y cuenta con informe favorable de la Municipalidad del Callao. La propuesta del plan incluía una red propuesta de 360 km, cubriendo toda la región metropolitana de Lima y Callao, con 300 km nuevos de ciclovías que se sumaban a los 60 km ya existentes en 2005 cuando se formuló el plan. En 2019, a seis años de la fecha final del horizonte del Plan (2025), se estima un avance agregado del 33,6% sobre la red total propuesta del plan de 360 km.

El PLAM 2035, Plan de Desarrollo Urbano para Lima Metropolitana al 2035, que se quedó en etapa de formulación y no fue adoptado oficialmente, contemplaba una red de 750 km de ciclovías. Esta propuesta construía una red expandida sobre vías metropolitanas a partir del Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao 2005-2025, y extendía la red de ciclovías propuestas sobre las vías distritales, lo cual representaba un avance a la limitación en definición de red que tenía el Plan de 2005.

Por otro lado, las municipalidades distritales de Lima han desarrollado ini-

ciativas individuales sobre la base de sus competencias con propuestas de ciclovías principalmente sobre vías distritales. En particular se destacan el Plan de Ciclovías del Distrito de La Molina 2015-2025 que contempla la construcción de 96,2 km de ciclovías, y el Plan de Movilidad Urbana Sostenible del Distrito de San Isidro 2016-2018 que contempla un plan de infraestructura ciclovitaria de 86 km de ciclovías. Se tiene evidencia que a partir del desarrollo del Plan Maestro Metropolitano, en 2006 el FONAM comenzó a apoyar el desarrollo de planes específicos de ciclovías en los distritos de Surco, San Isidro, Miraflores, San Borja, la Molina, y Surquillo. Hasta 2019, el Proyecto Especial Metropolitano de Transporte No Motorizado (PEMTNM) había reportado que los distritos de Surco, Miraflores, y San Borja también presentaron su Plan distrital de ciclovías, sin mayor detalle.

Aun cuando existen estos planes de infraestructura ciclovitaria, existe una desconexión y falta de articulación entre la planificación territorial y la planificación del transporte en todo el territorio de Lima Metropolitana. Se requiere planificación holística e integral entre desarrollo urbano y transporte, procesos que hasta el momento o han sido postergados o no han estado articulados entre ellos. Los procesos de planificación del desarrollo urbano en el territorio de Lima se inician en 1948 con el denominado Plan Piloto, en 1967 se realiza el Plan de Desarrollo Metropolitano (PLANDEMET) y en 1990 se desarrolla el Plan de Desarrollo Metropolitano (PLANMET), el cual se encuentra vigente a la fecha. Posteriormente se formula y desarrolla el PLAM 2035, el cual no se llegó a aprobar. En cuanto a los planes de transporte, la Cooperación Japonesa JICA desarrolló el Plan de Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Lima y Callao en 2005, a partir de encuestas Origen-Destino de 2004, la misma información que sirvió para formular el Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao 2005-2025. La planificación de movilidad urbana sostenible está aún limitada a algunas iniciativas aisladas a nivel distrital.

Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao 2005 - 2025

El Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao se desarrolló a partir de los resultados de la encuesta Origen-Destino de 2004 elaborada para el Plan Maestro de Transporte, pero cuenta con limitaciones metodológicas que se originan en los supuestos para entender el potencial de captación de viajes en bicicleta. Para efectos del Plan Maestro de Ciclovías, se identificaron los viajes en bicicleta, aproximadamente 84.000 viajes (0,5 % del total de viajes), y se estableció como metodología la identificación de viajes potenciales tomando en cuenta diferentes criterios que se resumen a continuación:

- Migración del 15 % de los viajes a pie menores a 3 km.
- Migración del 5 % de los viajes en auto menores a 3 km.
- Migración del 25 % de los viajes en taxi menores a 6 km.
- Migración del 2 % de los viajes en transporte público menores a 6 km.

La Tabla 1 muestra la estimación del total de viajes potenciales a ser sustituidos por viajes en bicicleta a partir de los supuestos de la metodología de migración de viajes.

Tabla 1. Cálculos de viajes potenciales para el uso de la bicicleta.

Fuente: Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao 2005-2025

Modo actual	Viajes totales	Viajes potenciales en bicicleta	% de viajes potenciales en bicicleta por modo
A pie (hasta 3 km)	137.938	20.961	15
Auto (hasta 3 km)	245.682	12.284	5
Taxi (hasta 6 km)	505.966	120.492	25
Transporte público (hasta 6 km)	2.035.608	508.902	25
Total	3.009.194	746.369	

Según el Plan, de los 16,5 millones de viajes diarios en la ciudad, un 18% eran viajes cortos menores a 6 km (3 millones aproximadamente), y de los cuales 662,369 eran viajes potencialmente podrían tener un cambio modal a bicicleta con la implementación de la infraestructura propuesta.

El mencionado plan identificó 58,9 km de ciclovías existentes al 2005, 20 km de ciclovías proyectadas y financiadas por GEF/BM/FONAM y 213,2 km de ciclovías a construirse en el periodo 2005-2025. La base del Plan de ciclovías contemplaba la construcción de ciclovías exclusivamente sobre vías metropolitanas en cuatro etapas de intervención:

- Urgente (20 km)
- Corto plazo (51,6 km)
- Mediano plazo (98,6 km)
- Largo plazo (63,0 km)

De la evaluación realizada, se concluye que existe un avance agregado del 33,6% sobre la red total proyectada del Plan Maestro de 292 km:

- De las ciclovías financiadas por el GEF/BM/FONAM, solamente se construyeron 12 km de los 20 km proyectados (60 %).
- De los 213,2 km proyectados, se construyeron 27,2 km; (12,8 %).
- De los 292,1 km que proyectaba el Plan Maestro, entre los construidos y los proyectados, a 2019 se encontró evidencia de 98,2 km construidos, lo que representa un avance agregado del Plan Maestro de 33,6 % de kilómetros de ciclovías metropolitanas construidas.

Tabla 2. Resumen de ciclovías metropolitanas proyectadas (Plan Maestro de Ciclovías 2005-2025) y construidas a 2019

Descripción	Km. proyectados	Km. construidos	Cumplimiento
Ciclovías existentes	58,92	58,92	100 %
Plan urgente (COSAC 1 - FONAM - PENTNM)	20	12	60 %
Plan 2005 -2025	213,24	27,4	12,67 %
Total	292,16	98,16	33,6 %

Sistema de ciclovías para Lima y Callao 2005 - 2025

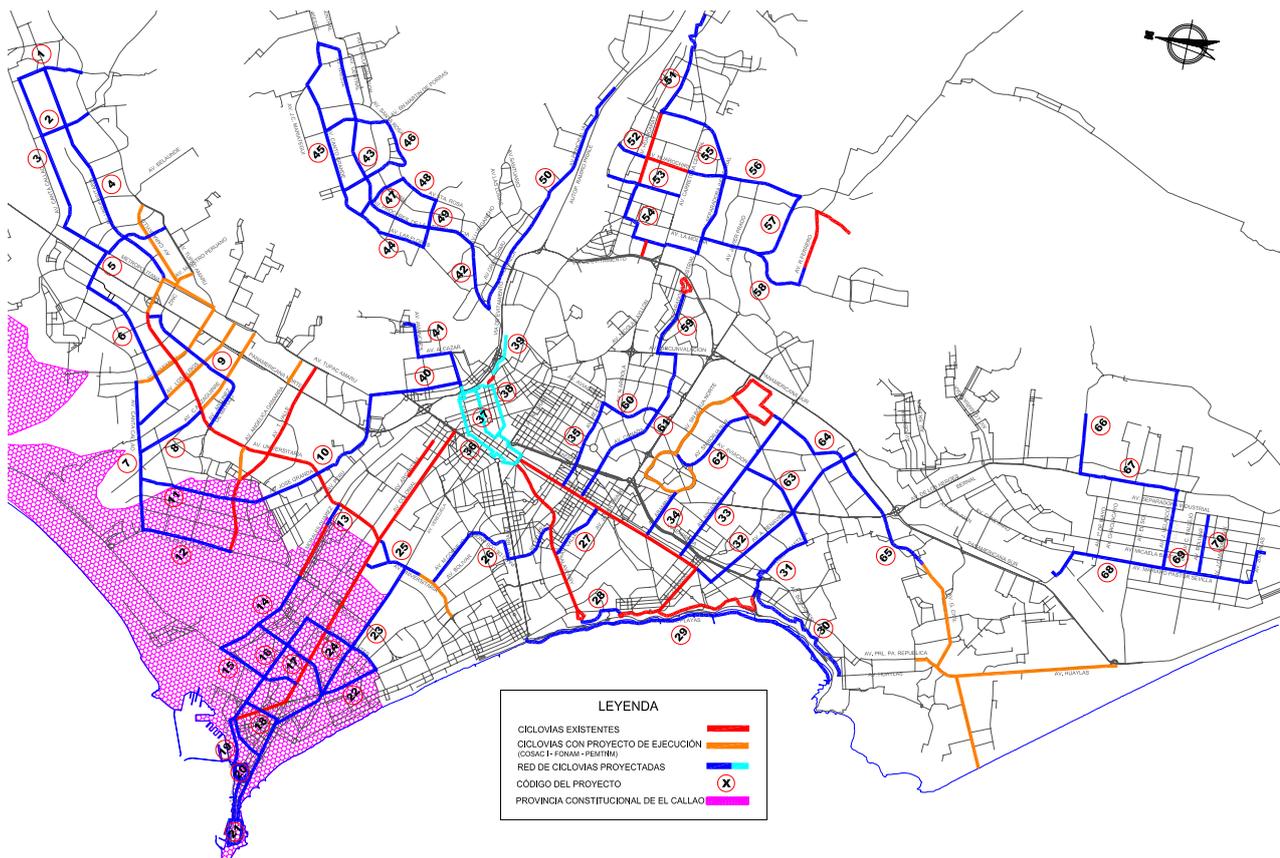


Figura 1. Red general del sistema de ciclovías.
Fuente: Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao 2005 - 2025

PLAM 2035 – red de ciclovías

En la formulación del PLAM 2035 se identificó en 2014 la existencia de 143,1 km de ciclovías y se proyectaron 741,5 km de nuevas ciclovías (en vías metropolitanas y distritales). Si bien la metodología utilizada no especifica cómo identificaron la red propuesta, ni su potencial de demanda de viajes, el PLAM 2035 logra constituir una red más amplia y conectada que la del Plan Maestro de 2005, aprovechando vías metropolitanas y distritales, aunque no realiza un análisis metodológico robusto del potencial de demanda de viajes en bicicleta a ser capturados por esta red.

Tabla 3. Longitud de la red propuesta de ciclovías para Lima PLAM 2035

Descripción	Nº. proyectos	Km. de extensión
Ciclovías existentes	55	143,1
Ciclovías proyectadas	199	741,46
Total	254	884,56

Sistema de ciclovías PLAM 2025

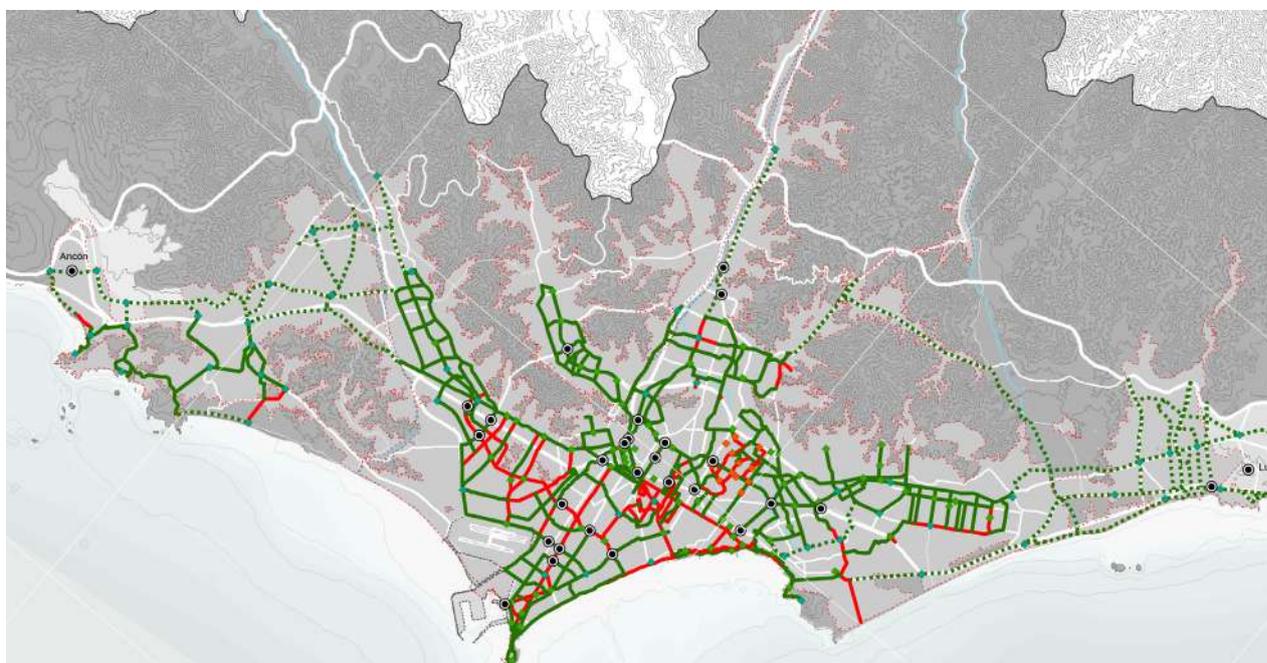


Figura 2. La red propuesta de ciclovías para Lima en el PLAM 2035



Planes de Ciclovías Distritales

A continuación, se presenta un resumen de los planes de infraestructura ciclovía distritales elaborados hasta la fecha y que se han implementado parcialmente:

- Plan de ciclovías en los distritos de Jesús María y Lince: consta de 7.4 km de red primaria más 36.6 km de red complementaria. Este Plan se desarrolló dentro del Proyecto GEF/BM/FONAM en el año 2007.
- Plan de ciclovías del distrito de La Molina (96 km). Aprobado por Acuerdo de Concejo Municipal N° 117-2015-Municipalidad distrital de La Molina.
- Plan de Movilidad Urbano Sostenible de San Isidro, que incluye un plan de ciclovías del distrito (65 km). Aprobado mediante Acuerdo de Concejo Municipal N° 073-2016- Municipalidad distrital de San Isidro.
- Plan de ciclovías del distrito de San Borja (23 km). No cuenta con ningún documento normativo que aprueba o adopte el plan.
- Plan de ciclovías del distrito de Miraflores (20 km). No cuenta con ningún documento normativo que aprueba o adopte el plan.
- Plan de ciclovías del distrito de Santiago de Surco. No cuenta con ningún documento normativo que aprueba o adopte el plan.
- Propuesta de ciclovías del distrito de Magdalena del Mar (4 km). Se trata de una propuesta preliminar.
- Propuesta de ciclovías del distrito de San Miguel. Esta propuesta es preliminar aún y no cuenta con ningún documento normativo de planificación.

Infraestructura ciclovía existente

A la fecha, Lima cuenta con 210,8 km de ciclovías, de los cuales 12,6 km están en vías expresas metropolitanas, 68,3 km en vías arteriales, 63,2 km en vías colectoras y 64,2 km sobre vías distritales. Como se puede apreciar en la Figura 3 (siguiente página), gran parte de la red no se encuentra conectada.

Tabla 4. Longitud actual de ciclovías en operación por tipo de vía (km)

Tipo de vía	Expresa Nac./Reg.	Expresa Met.	Arterial	Colectora	Distrital	Total
Km. de Ciclovías en operación	2,4	12,6	68,3	63,2	64,2	210,8

Las características generales que se pueden identificar en estas ciclovías existentes son:

- El total de la red existente no responde a una planificación integral de Lima y Callao; el total de ciclovías construidas contrasta con los 98,2 km identificados correspondientes al Plan Maestro de 2005.
- En cuanto a las características y especificaciones del diseño, no es evidente una estandarización en las especificaciones y calidad de diseño, así como de elementos de demarcación o señalización.
- Las ciclovías no se encuentran mayoritariamente interconectadas bajo un concepto de red y tampoco tienen una vocación de integración con el sistema de transporte público masivo.
- Existe una baja disponibilidad de servicios complementarios como parqueaderos de bicicletas en el espacio público o las estaciones de transporte masivo.

De acuerdo con el registro de ciclovías, el año 2002 existían 57,5 km construidos que se fueron incrementando progresivamente hasta llegar a los 213,1 km construidos en 2018. Este total es superior al mencionado de 210,8 km que corresponde al total estimado en la actualidad, debido a que, por falta de mantenimiento, unos 2,4 km han desaparecido.

Del total de ciclovías, el 69,5 % (146,6 km) se encuentra sobre vías metropolitanas, mientras que el 30,5% (64,2 km) se encuentran sobre vías distritales. La Figura 5 muestra que desde 2006, se han construido en promedio 11 km de ciclovías por año en Lima, tanto en vías metropolitanas como distritales.

La distribución geográfica muestra la realidad de una red poco equilibrada: con muchas ciclovías en determinados distritos, y muy pocas o ninguna en otros. También es evidente que hay una falta de conectividad (coherencia) en la red, afectando el potencial de uso de esta infraestructura para el usuario ciclista en sus viajes cotidianos. De los 43 distritos en Lima Metropolitana, y siete distritos del Callao (49 distritos en total), sólo 20 cuentan con infraestructura ciclovía. Como se aprecia en la Figura 6, excluyendo los 6,3 km de ciclovías interdistritales (28,8% del total), cinco distritos (y Callao) tienen más de 10 kilómetros de ciclovías cada uno y 73,2 km (34%) del total.

Infraestructura ciclovial existente en Lima Metropolitana (2019)

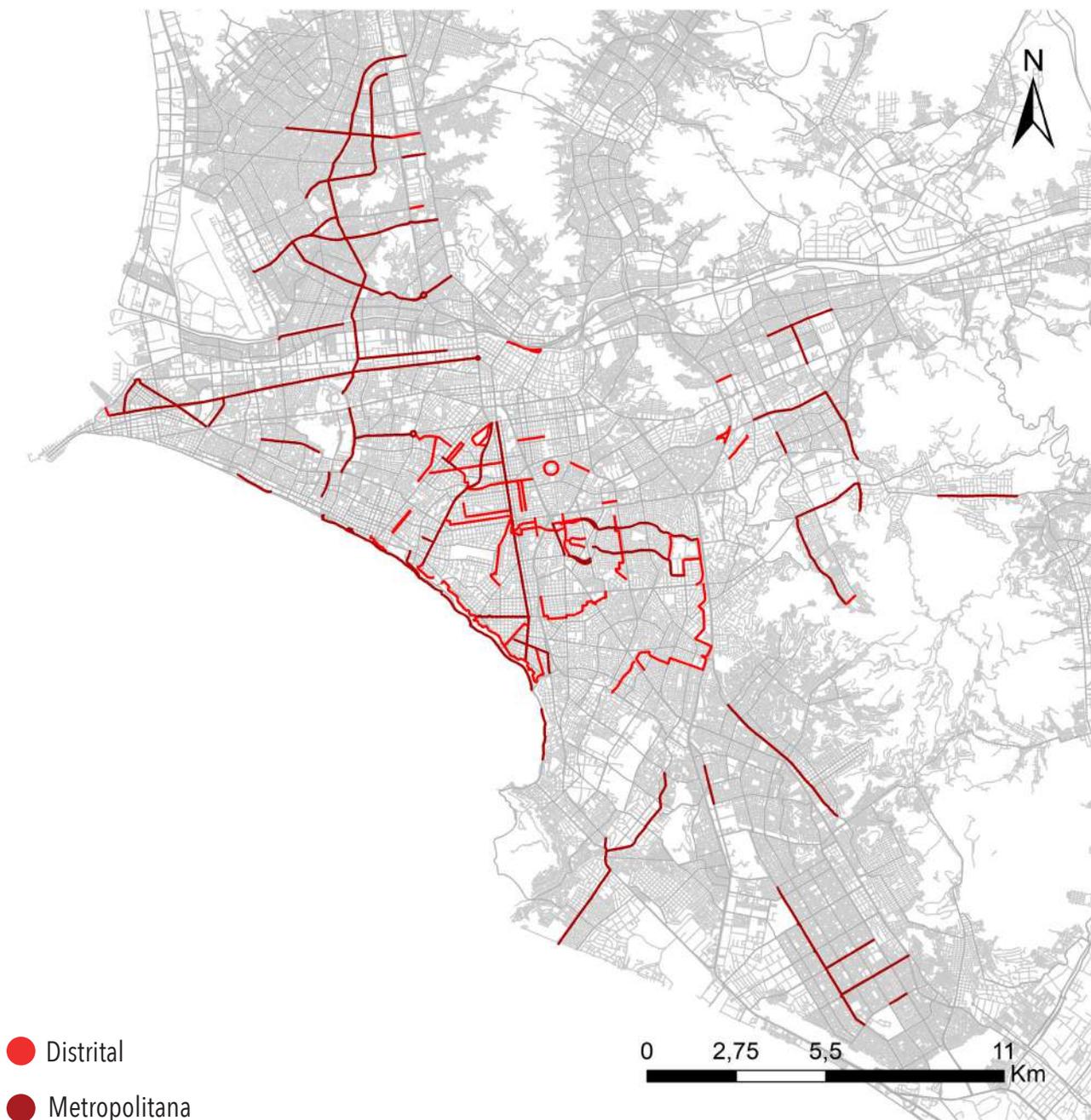


Figura 3. Infraestructura ciclovial existente en Lima Metropolitana (2019)

Kilómetros de ciclovías acumulados por año para Lima y Callao

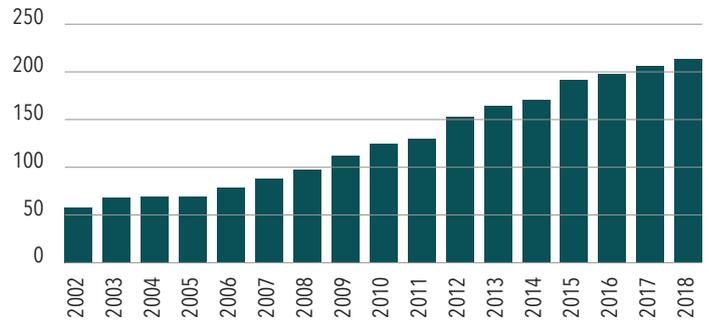


Figura 4. Kilómetros de ciclovías acumulados por año en Lima Metropolitana

Kilómetros de ciclovías construidos por año para Lima y Callao

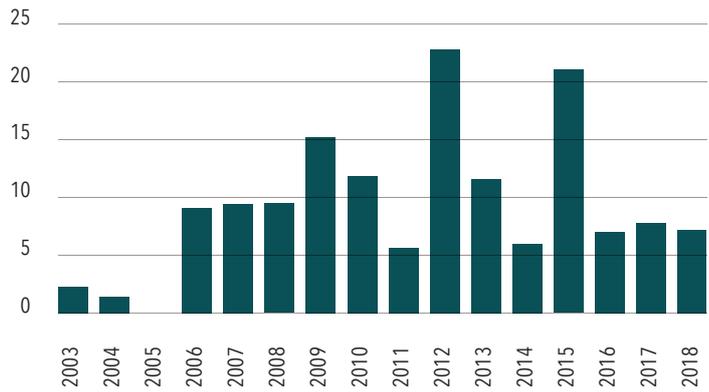


Figura 5. Construcción de ciclovías por año (2003-2018)

Kilómetros de ciclovías existentes por distritos

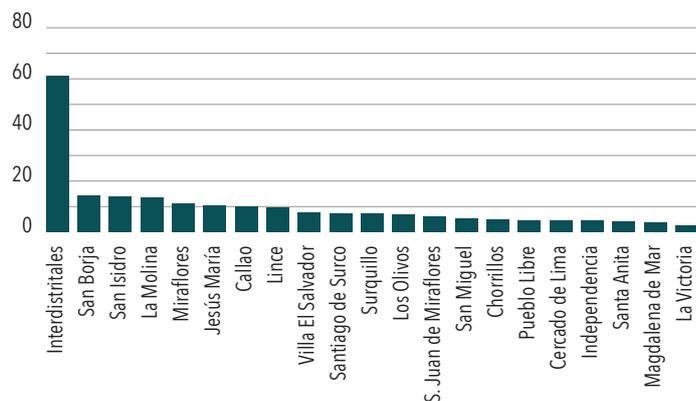


Figura 6. Ciclovías existentes por distritos. Fuente: Elaboración propia

3. Actualización de la red ciclovía metropolitana

Apoyar la implementación de una red coherente y con rutas directas son el norte de esta propuesta.

Requisitos para el desarrollo de la red

Para este plan se adoptan los conceptos de red completa (conectada) y bien diseñada que se introdujeron en la propuesta de Estrategia de la Bicicleta para Lima. Ahí se presentan los ocho requisitos de infraestructura ciclovía. Cinco de ellos son los requisitos de tráfico ciclista contenidos en la guía CROW (2016), los cuales son requisitos técnicos y en general de medición objetiva. A estos, se suman tres criterios más que guardan relación con el potencial espacial, o sea los que van más allá de los requisitos ligados al acto mismo de movilizarse (Bendiks & Degros, 2013). Estos ocho requisitos tienen una relevancia en el nivel de diseño de la red, en el nivel de las secciones e intersecciones de las vías, y en el nivel de la calzada propia de la ciclovía. Cada requisito se resume a continuación, seguido de una tabla de interpretación de cada concepto a nivel de diseño la red de ciclovías:

- 1. Coherencia:** La infraestructura ciclovía debe formar una red completa, coherente y bien conectada. El lenguaje visual y las condiciones físicas deben ser coherentes a lo largo del trazado. También deben ser reconocibles por todos los actores de la vía, sin generar ambigüedades que gatillen improvisación, informalidad e incertidumbre.
- 2. Rutas directas:** La infraestructura debe minimizar y evitar desvíos y retrasos innecesarios, facilitando a los usuarios recorridos directos y optimizando los tiempos de viaje.
- 3. Seguridad:** La infraestructura ciclovía debe aportar a las mejoras de seguridad vial sostenible bajo un esquema de sistema seguro.
- 4. Comodidad:** La infraestructura ciclovía debe buscar crear una experiencia cómoda para los usuarios.

- 5. Atractividad y seguridad ciudadana:** La infraestructura ciclovía debe contar, en lo posible, con elementos que generen valor agregado a la experiencia de viaje y que garanticen de la mejor forma posible una buena percepción de seguridad ciudadana.
- 6. Integración espacial:** La infraestructura ciclovía debe lograr unidad entre las ciclovías y sus entornos, integrándolas cuidadosamente al contexto espacial de la trama urbana.
- 7. Experiencia del usuario:** Los usuarios directos y próximos deben obtener una experiencia positiva con la infraestructura ciclovía y su diseño. El contexto general es percibido como un sistema urbano integral.
- 8. Valor socioeconómico:** La infraestructura ciclovía genera valor comercial y también social en su entorno.

La metodología utilizada en la elaboración de este plan incorpora estos principios, e incorpora la información disponible, para definir el trazado de la actualización de la red para Lima y Callao. Prioriza la coherencia y conecta los principales orígenes y destinos para los potenciales viajes en bicicleta, incluidos los que conectan con transporte público. Contar con rutas directas es también es clave, por lo que el diseño busca crear una malla regular. La interpretación e instrumentalización metodológica de los tres requisitos adicionales acá expuestos, agregará valor a la implementación de este plan.



Tabla 5. Interpretación de los 8 requisitos para el diseño de la red de ciclovías

Requisito	Interpretación del concepto en el nivel de diseño de la red de ciclovías
1. Coherencia	<p>Red completa: No hay vínculos perdidos y la red conecta los principales generadores y atractores de viajes.</p> <p>Consistencia: Un alto porcentaje de los viajes en bicicleta usa las rutas de la red.</p> <p>Facilidad de encontrar destinos: Señalización de destinos o sitios de interés es adecuada (wayfinding).</p> <p>Rutas alternativas: Disponibilidad de rutas alternativas de una distancia similar.</p>
2. Rutas directas	<p>Distancia de desvío: Una red con una malla densa y bien distribuida resulta en desvíos menores.</p>
3. Seguridad vial	<p>Probabilidad de encuentros con tráfico motorizado: Las rutas de la red evitan, en la medida de lo posible, vías o corredores viales con altos volúmenes de tráfico vehicular motorizado, con altos niveles de velocidad máxima permitida (o efectiva), y sobre todo intersecciones con altos volúmenes de tráfico y de giro.</p>
4. Comodidad	<p>Molestia del clima: Selección de rutas protegidas de viento, lluvia o alta exposición al calor del sol. La posibilidad de microclimas es clave con vegetación y la función ambiental de la calle.</p> <p>Pendientes: Selección de rutas con un mínimo grado de pendientes.</p>
5. Atractividad	<p>Experiencia del entorno: Las rutas de la red pasan por áreas atractivas (áreas verdes o urbanísticamente atractivas).</p> <p>Seguridad ciudadana: Las rutas de la red pasan por áreas relativamente seguras, al menos para la percepción del usuario, con iluminación y usos de suelo que provean "ojos en la calle".</p>
6. Integración espacial	<p>La selección de rutas contempla el potencial para una buena integración espacial con el tejido urbano.</p>
7. Experiencia	<p>Sin relación en el nivel de la red.</p>
8. Valor socioeconómico	<p>Las ciclovías pasan por áreas comerciales o socialmente interesantes como parques o espacios recreativos.</p>

Aproximación a una red de ciclovías para Lima y Callao

Diseño de red macro con herramientas SIG

Una de las principales innovaciones y contribuciones metodológicas del trabajo desarrollado en el marco de este estudio (propuesta de actualización del Plan de Infraestructura Ciclovial para Lima y Callao) es precisamente en el ajuste al diseño de red. Las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten visualizar altos volúmenes de datos con atributos de ubicación (geográficos). En particular, se utilizaron herramientas SIG y rutinas de análisis y teoría de redes con información de los patrones de viaje de la población. El objetivo de la metodología era simple: buscar conectar los puntos de mayor generación y atracción de viajes con potencial de ser viajes realizados en bicicleta cumpliendo el requisito de coherencia de la red. Esta tarea se puede realizar con mayor o menor nivel de detalle dependiendo de la calidad de la información disponible, y que pueden variar de valores desagregados a nivel de hogar o individuo, o en su defecto con valores zonales agregados.

El principal reto consiste en identificar y priorizar segmentos de red vial a ser incluidos en la red ciclovial actualizada y que tengan mayor potencial de atraer o sustituir viajes existentes, que se hacen en otros modos de transporte, pero que potencialmente podrían ser viajes en bicicleta por sus características y conveniencia para los usuarios. Los viajes en bicicleta para el año de medición de la Encuesta Origen-Destino a Hogares (EODH) de 2011 son menores al 1% de los viajes totales. Aunque permite identificar las características de los viajes en bicicleta, no existe un modelo de demanda o asignación de viajes disponible en Lima para proyectar o modelar los viajes que serían realizados en bicicleta ante diferentes escenarios de provisión de infraestructura ciclovial. Este tipo de modos de demanda con rutinas de selección discreta del modo bicicleta o de asignación de este tipo de viajes tampoco existe en la mayoría de ciudades alrededor del mundo, por lo que continúa siendo un reto persistente en la planificación de infraestructura ciclovial a nivel global.

Ante las limitaciones de datos y de herramientas metodológicas de proyección de demanda, el equipo del Banco Mundial desarrolló una metodología experimental ad hoc para la estimación de la demanda potencial de viajes en bicicleta en Lima como insumo para la priorización de la actualización del diseño de la red de ciclovías. El desarrollo metodológico se relaciona con la aplicación del Nivel de Estrés de Tráfico (NET) que el Banco Mundial viene experimentando en algunas ciudades de América Latina, así como con el concepto de los cuatro tipos de ciclistas (ver sección 2.3 de la propuesta de Estrategia de la Bicicleta para Lima). La clasificación del NET permite identificar y clasificar los cuatro tipos de usuario que potencialmente podrían hacer uso de la bicicleta ante cambios en los niveles del NET, es decir, del diseño de la vía y del nivel de estrés que esta genera para los ciclistas (Geller, 2010). Mientras más bajo sea el nivel de estrés de la vía, mayor es su atractivo para el uso de la bicicleta y en consecuencia se obtendrá una mayor cantidad y diversidad de tipos de usuario. Lo interesante es que el experimento de Geller en 2010 en Portland, Oregon (Estados Unidos) ha sido replicado en varias ciudades de Estados Unidos, encontrando una proporción constante

de la población en cómo se distribuyen por tipo de usuario. En términos metodológicos, esta relación ofrece aproximaciones al potencial de demanda de viajes en bicicleta que se pueden atraer si se avanza en una planificación y diseño ciclo-inclusivo del sistema vial. Los cuatro perfiles de usuarios de la bicicleta desarrollados por Geller y que preliminarmente se han asociado a cada nivel del NET constituyen la principal base teórica para la metodología experimental propuesta en el marco del presente estudio.

A continuación, se resumen los principales procesos y aspectos de la metodología adoptada para el presente estudio para la priorización de diseño (actualización) de la red de ciclovías:

- 1. Análisis y caracterización de viajes ciclistas:** Se analizaron los viajes en bicicleta reportados en la EODH de 2011 para caracterizar y estimar una curva de distribución empírica de los viajes en bicicleta por distribución de la duración del tiempo de viaje. En la Figura 7 se puede identificar que un 90% de los viajes se realizan en tiempos de viaje de 30 minutos o menos.

Distribución de viajes en bicicleta por tiempo de viaje



Figura 7. Distribución de viajes en bicicleta por tiempo de viaje

- 2. Recopilación de información de viajes de EOD:** Por motivos de privacidad, los datos de la EOD de 2011 no reportan direcciones exactas de origen y destino de los viajes. Sí se cuenta con el tiempo de viaje reportado. Se trabajó con información georreferenciada de orígenes y destinos de todos los viajes a nivel de Zona de Análisis de Transporte (ZAT), correspondiente a 427 TAZs en toda el área metropolitana de estudio. El área de cada ZAT no es homogénea, pero su diseño asume que los hogares en cada ZAT tienen valores similares en variables como ingreso, número de personas por hogar y patrones de viajes.

- 3. Estimación del porcentaje de viajes que se podrían realizar en bicicleta con base en los tiempos de traslado:** Con la información de la distribución de viajes en bicicleta se procedió a estimar su probabilidad de uso en relación al tiempo de viaje. Luego se aplicó esta probabilidad a cada par origen-destino en la EOD de 2011 (percolación) con el fin de obtener todos los pares origen-destino que podrían realizarse en bicicleta por su tiempo de recorrido, para aplicar después un factor de captura de usuarios que viene determinado por el supuesto empírico de NET (Mineta Transportation Institute, 2012) y tipos de usuario (Geller, 2010). Por lo tanto, primero se identificó en cada ZAT el número total de viajes (en todos los modos), al mismo tiempo estos viajes se asignaron según su duración a cada uno de los intervalos de tiempo definidos según la distribución empírica de tiempo de viaje en bicicleta de la EOD de 2011. Con estos datos se realiza la percolación al multiplicar número de viajes en otros modos por el porcentaje asociado a los viajes en bicicleta en ese rango de tiempo. Este procedimiento permite restar importancia a los viajes de mayor duración (o muy corta duración) e incrementar la importancia de aquellos que están en el rango de alta probabilidad de ser viajes en bicicleta por su duración. El resultado final es un número sintético de viajes potenciales en bicicleta, esto es la cantidad de viajes que se harían si las personas que se mueven en otros modos de transporte se cambian a la bicicleta considerando que el viaje reemplazado estaba en un rango de tiempo acorde a la distribución empírica encontrada en la EOD de 2011, pero que por diferentes factores (por ejemplo, falta de infraestructura conveniente, cómoda y segura) ese tipo de usuario (en particular, los "interesados, pero preocupados") decide no viajar en bicicleta. A este número sintético de viajes potenciales en bicicleta se aplica un factor final de captura de usuarios a partir del concepto de NET y los cuatro tipos de usuarios (Geller, 2010). En particular, se estima que una calle con NET 1 ó 2 será una vía apropiada para la mayoría de usuarios "interesados, pero preocupados" (50% de la población), y es donde el uso de la bicicleta puede tener un mayor crecimiento, dado que corresponde a quienes no son usuarios de la bicicleta actualmente, pero lo serán al existir condiciones que sean percibidas como adecuadas, es decir, una red de ciclovías conectada, cómoda y segura. Además del insumo para la priorización de diseño (actualización) de la red de ciclovías, esta metodología permite estimar el potencial de demanda de viajes en bicicleta generado (solo por sustitución modal) ante un escenario de red completa conectada y de bajo estrés conectada por ciclovías seguras y calles pacificadas, para toda el área metropolitana, y que será un insumo clave para el análisis de costo-beneficio social de la propuesta del Plan de Infraestructura Ciclovial para Lima y Callao que se presenta en el capítulo 8.
- 4. Identificación de puntos de mayor generación y atracción de viajes potenciales en bicicleta:** Una vez calculados los valores potenciales de viajes en bicicleta para cada ZAT, se procedió a identificar el 20 y 15% de ZATs orígenes y destinos con mayor potencial de viajes. En la Figura 8 se puede observar la distribución de los puntos (centroides de ZATs) de mayor generación y atracción de viajes potencialmente en bicicleta. Los puntos verdes son las ZATs con mayor generación de viajes potencialmente a realizarse en bicicleta, los rojos son las ZATs con mayor atracción de estos viajes, y los azules son ZATs que son simultáneamente grandes generadoras y atractoras de los viajes potenciales en bicicleta.

Kilómetros de ciclovías acumulados por año para Lima y Callao

Orígenes
Origen y destino
Destinos
 ○ 85 - 100 %
 △ 80 - 85 %

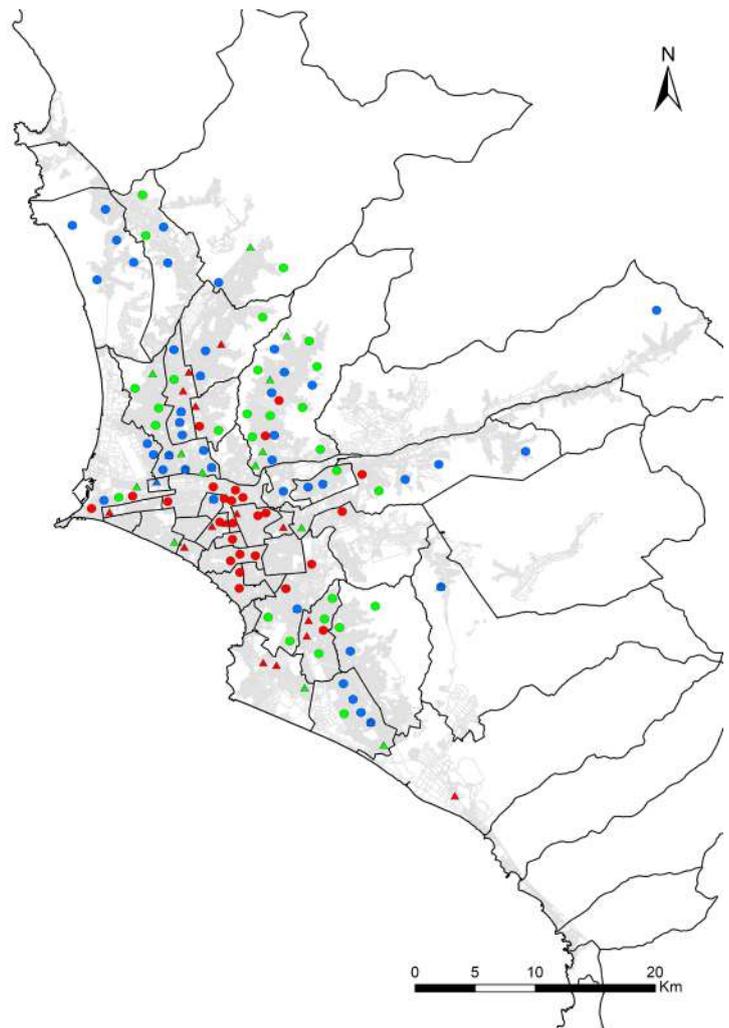


Figura 8. ZATs con mayor potencial de atracción y generación de viajes en bicicleta en Lima a partir de la EODH 2011

- 5. Preparación de base de datos de oferta de infraestructura:** El otro componente necesario para la generación de una red macro ciclovitaria consistió en preparar la base de datos con la oferta de infraestructura. Esta capa de información está conformada por la red de ciclovías existentes y por la red vial o peatonal por la cual se pueden conectar las ZATs prioritarias identificadas con mayor generación y atracción potencial de viajes en bicicleta. Para el caso de las vías de tráfico mixto y espacio público, fue necesario acceder a la fuente de información abierta Open Street Maps (OSM), la cual tiene un alto nivel de detalle, incluido las vías locales y pasos peatonales.
- 6. Identificación de rutas más idóneas para pedalear:** La información de la oferta de infraestructura y los puntos de demanda (generación y atracción de viajes) fue procesada con el programa *Network Analyst*, del conjunto de paquetes disponibles en el sistema de información geográfico ArcGIS, aplicando algoritmos de ruteo como *closest facility* y *OD matrix*. La lógica de este procedimiento es identificar la ruta más corta entre los pares de puntos distribuidos a lo largo del territorio. El software busca conectar un conjunto de puntos de tal manera que cualquier desvío por

fuera de la ruta trazada implicará un mayor recorrido. Existe la posibilidad de incluir algunas barreras en determinados tramos de la red para que estos sean excluidos. Por ejemplo, se puede definir que ninguna ruta óptima pase por un puente vehicular o de vías con alguna clasificación, como vías expresas metropolitanas o nacionales. Para el caso del ejercicio hecho para Lima, no se configuró ningún tipo de restricciones a los segmentos de red para identificar cual sería el panorama ideal que no implique ningún tipo de desvío para los usuarios de la bicicleta. No obstante, el análisis requirió un trabajo iterativo de varias corridas del algoritmo de ruteo en el cual cada ZAT prioritaria identificada con mayor generación y atracción potencial de viajes en bicicleta se conectaba con sus pares origen-destino asociados, generando varias redes que requerían un proceso de superposición y armonización posterior.

- 7. Análisis comparativo de propuestas de red ciclovial:** Cada una de las versiones de red generada fue analizada con un equipo de expertos locales e internacionales con el objetivo que cada interacción o variación cumpliera de alguna manera con el objetivo de generar una red coherente que conectara diferentes puntos de la ciudad con potencial de generación o atracción de viajes en bicicleta. Una vez generadas las redes priorizadas y optimizadas de ciclovías, el siguiente paso consistió en comparar estos resultados con la red de ciclovías existente y propuesta en otros ejercicios anteriores de planificación de infraestructura ciclovial. Este ejercicio de comparación y armonización, para definir los tramos de las posibles propuestas que se podrían conservar o adecuar, se presenta en la siguiente sección para finalmente obtener una red completa macro ciclovial a nivel metropolitano.

Comparación de red optimizada con propuestas anteriores

La principal conclusión de los resultados de la metodología para la priorización de diseño (actualización) de la red de ciclovías es que la propuesta del PLAM 2035, que construía una propuesta sobre el Plan Maestro vigente de 2005, obedece a un diseño eficiente y requiere pocos ajustes. En la siguiente figura se observa que existe una amplia concordancia entre las ZATs con los quintiles de mayor generación y atracción de viajes potencialmente en bicicleta y la red ciclovial propuesta en el PLAM 2035. En particular, las redes optimizadas por la metodología descrita en este documento no tenían diferencias considerables con la propuesta del PLAM 2035 y se optó por mantener la estructura principal de esa red con algunos ajustes de optimización, más que todo en la periferia.

Aunque la metodología de optimización del diseño de red parte de un principio de optimizar la conectividad de puntos con mayor probabilidad de generación de demanda, así como el requisito de coherencia, es importante que las autoridades locales en su definición posterior y final de la red busquen aplicar otros de los requisitos acá mencionados para mejoras y optimizaciones puntuales en el diseño de la red de ciclovías. En particular, existen algunos requisitos en el diseño de la red que aún podrían ser aplicados con un conocimiento más detallado de expertos locales y que analicen las caracte-

Comparación red de ciclovías propuesta en el PLAM 2035 y ZATs

- Red ciclovías PLAM 2025
- Red vial

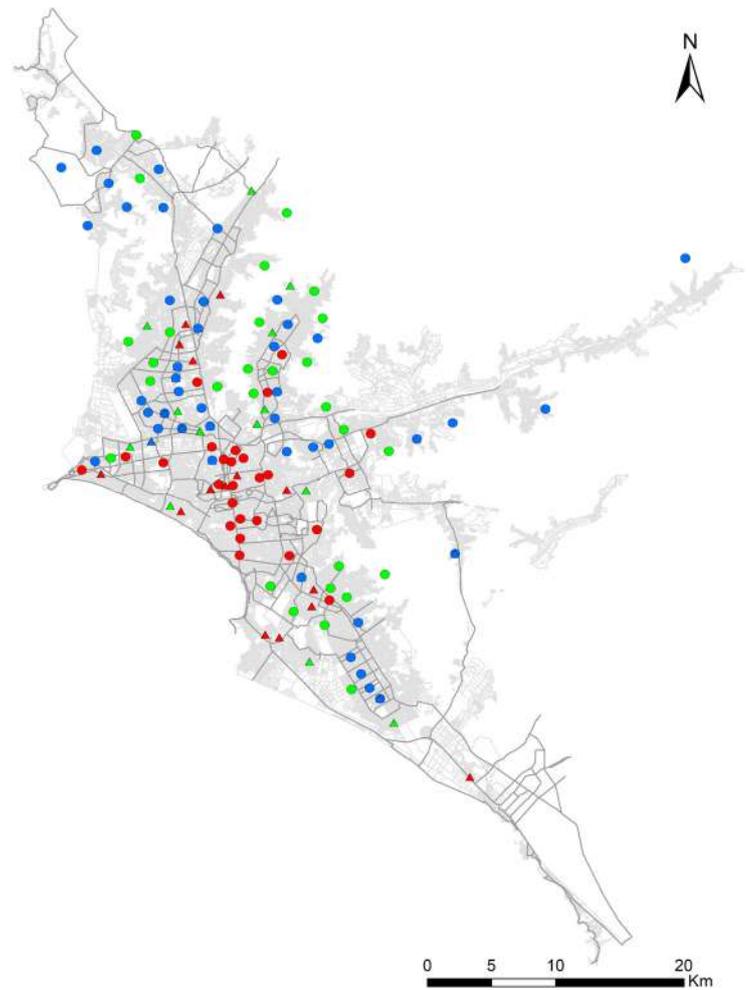


Figura 9. Comparación red de ciclovías propuesta en el PLAM 2035 y ZATs con mayor generación y atracción potencial de viajes en bicicleta

rísticas granulares de la red vial local, de los barrios, y de los equipamientos o nodos clave a conectar. Estos requisitos podrían obedecer a la atraktividad, seguridad ciudadana, seguridad vial, entre otros. Los atributos granulares podrán ser validados por grupos de interés de los barrios o del mismo equipo de gobierno de las municipalidades distritales. Es muy importante tener en cuenta que los algoritmos de ruteo fueron generados a partir de los centroides de las ZATs, lo cual genera una abstracción de los posibles puntos de interés que son verdaderamente los generadores o atractores de viajes, como por ejemplo colegios, universidades, centros culturales, entre otros.

En la siguiente sección se presenta una primera aproximación de esta propuesta de actualización de la red macro ciclovía a partir del conocimiento local experto del equipo del Banco Mundial y de la localización de puntos de interés para conexiones de última milla de la red.

Propuesta de actualización de la red ciclovial de Lima y Callao

El primer paso de planificación en el diseño de red macro ciclovial era verificar qué aspectos evidentes de conocimiento local sobre zonas con riesgo de seguridad ciudadana y seguridad vial podrían afectar la red propuesta. Este proceso contó con el conocimiento de expertos locales con amplia experiencia en temas de transporte no motorizado en la ciudad de Lima. En este proceso se realizaron cambios puntuales del trazado de forma tal que la ciclovía propuesta evitara vías con alta congestión vehicular y con alta percepción de inseguridad ciudadana. En algunos casos, este cambio en el trazado solamente implicó un leve desvío de una calle por la siguiente o más contigua, mientras que en otros casos hubo necesidad de generar una conexión adicional por otra ruta o recortar la propuesta por incompatibilidad con los usos de suelo existentes.

El segundo paso consistió en garantizar la generación de una red completa bajo los requisitos de coherencia y rutas directas. Se buscó que no se presenten tramos de ciclovías sueltos, dado que en la red existente había cortes abruptos, dejando al ciclista desprotegido por un trecho de su trayecto. En esos casos la tarea consistió en generar un enlace que conectara los tramos de ciclovías existentes y adicionalmente el conector propuesto sería clasificado como prioritario si estaba en la zona central. Lo anterior con el fin de indicar que el construir este tramo implicaría un beneficio adicional al sumar la longitud de los tramos existentes que estaba conectando. Otro requisito importante es el de rutas directas. La red generada con herramientas SIG y la propuesta adoptada del PLAM 2035 incluían algunos desvíos innecesarios, en el primer caso debido al orden de aplicación del algoritmo computacional. La inspección manual de toda la propuesta logró identificar puntos de la red en los cuales sería mejor modificar el trazado para que los usuarios disminuyan el número de giros que encuentran en su recorrido. Este proceso sin embargo también fue equilibrado tomando en cuenta los requisitos de comodidad, atractividad, y como parte de este último requisito, la dimensión de percepción de seguridad ciudadana. El conocimiento local experto permitió seleccionar algunos trayectos en los cuales los usuarios podrían sentirse a gusto con el entorno que los rodea cuando transitan en bicicleta, aun cuando esto implique un cambio marginal de la ruta más directa. Esta inspección manual buscó evitar incluir en la red secciones de vías en las cuales podría existir una percepción de inseguridad por hurto o baja iluminación..

En el posible marco de trabajo que las autoridades locales en su definición posterior y final de la red busquen adelantar para identificar mejoras y optimizaciones puntuales en el diseño de la red de ciclovías, se recomienda usar datos duros sobre seguridad vial y seguridad ciudadana. En la medida que estos datos existan, o se logren acuerdos de acceso de grandes datos con compañías de tecnología, se podrían aplicar metodologías experimentales como la que el Banco Mundial ha testeado en Bogotá para asistir la planeación de redes ciclistas conectadas de bajo estrés bajo el concepto de NET. En particular, se podría usar la metodología de evaluación de los Niveles de Estrés de Tráfico (NET con fuentes de datos no convencionales: piloto Bogotá; Banco Mundial, (2018).

Comparación red de ciclovías propuesta en el PLAM 2035 y ZATs

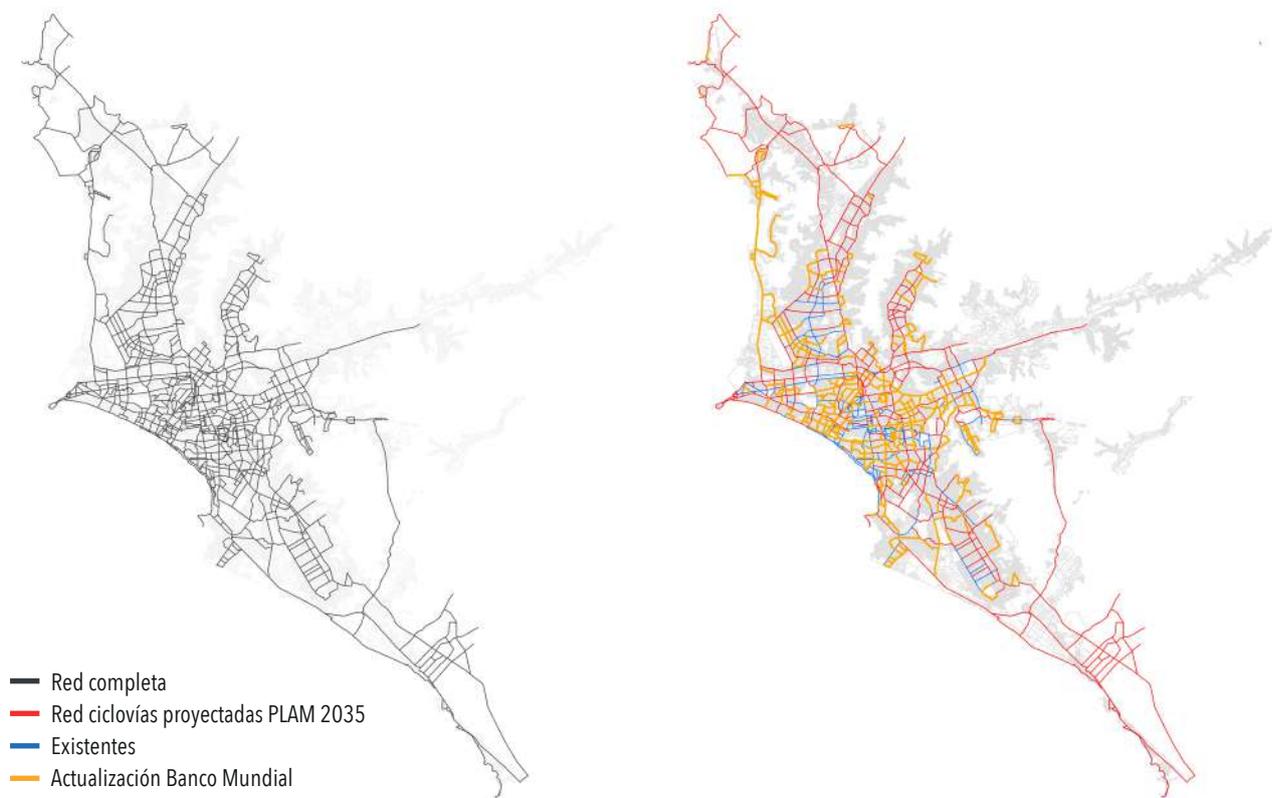


Figura 10. (Izquierda) Red macro cicloviana propuesta; (Derecha) Red clasificada en los diferentes componentes de planificación

El paso final en la formulación de la propuesta (actualización) de la red ciclovitaria de Lima y Callao consistió en agregar conexiones de última milla a algunos puntos de interés de conectividad con el transporte público o generadores/atractores de viajes potencialmente de bicicleta. Este trabajo de actualización manual se complementó con herramientas SIG, en este caso de conexiones de última milla. Por definición estas conexiones son tramos cortos que buscan unir sitios de interés muy específicos con la red macro de ciclovías. Para este proyecto se tomaron como puntos de interés las universidades y establecimientos de educación superior, así como las estaciones de transporte público masivo (red de Metro y Metropolitano). Estos puntos representan sitios de afluencia de uno de los grupos de usuarios potenciales de viajes en bicicleta: jóvenes universitarios; y el segundo es un punto importante para fomentar la intermodalidad y potenciar aún más el uso del transporte público (Ver propuesta para la Estrategia de la Bicicleta en Lima: En bicicleta + transporte público llego primero). Para hacer las conexiones de última milla se empleó nuevamente la herramienta *Network Analyst*, con la cual se identificó cual sería la ruta más corta que conectaría a la red los centros de educación superior y estaciones de transporte público masivo que se encontraban a más de 200 metros de la red macro de ciclovías proyectada. El resultado de esta actualización se muestra en la Figura 11.

La red ciclovitaria con las conexiones de última milla incluye entonces los tramos de gran interés para que la red alcance aquellos lugares en los cuales existe alta probabilidad de generación o atracción de viajes en bicicleta, así como para potenciar la intermodalidad. Este análisis permitió identificar que la red macro por sí sola ya tenía una alta integración con la red del Metro y Metropolitano, por lo que las conexiones de última milla necesarias son pocas. Para los establecimientos de educación superior se encuentra la necesidad de generar un mayor número de conexiones, no solo en la periferia de Lima sino también en el centro.

El resultado final del ejercicio de formulación de una propuesta (actualización) de la red ciclovitaria de Lima y Callao consistió en una red total de 1,383 km de ciclovías; de los cuales 210,8 km son existentes, 544 km fueron proyectados en ejercicios de planificación anteriores (documentación técnica de la propuesta de actualización PLAM 2035), y 628,2 km son nuevos y forman parte de la propuesta de actualización del Banco Mundial (544 km de red macro y 37,2 km de conexiones de última milla).

Red de ciclovías final propuesta con conexiones de última milla

- Red propuesta completa
- Última milla de Transporte Público
- Última milla Universidades



Figura 11. Red de ciclovías final propuesta con conexiones de última milla

Tabla 6. Longitud total de la propuesta (actualización) de la red ciclovial de Lima y Callao por tipo de vía

	Vía expresa Reg./Nac	Vía expresa sub regional	Vía expresa metropolitana	Vía arterial	Vía colectora	Vía distrital	Total
Existente	2,4		12,6	68,3	63,2	64,2	210,8
Proyectadas	36,9	4,3	23,6	157,9	152,7	168,5	544,0
Actualización Banco Mundial	16,2	0,7	35,6	154,3	187,3	196,9	591,0
Última milla Transporte Público						10,5	10,5
Última milla educación						26,7	26,7
Total	55,6	5,0	71,8	380,6	403,2	466,8	1.383
Porcentaje	4,0 %	0,4 %	5,2 %	27,5 %	29,2 %	33,7 %	100 %

4. Jerarquía vial y perfiles por tipo de vía

Jerarquía vial: función, forma y uso

Si forma y uso están en concordancia, se espera un uso apto y acorde con la función de la vía.

Usar la jerarquía vial como elemento que rige el diseño vial es una manera muy efectiva para mejorar la seguridad vial y crear infraestructura ciclo-inclusiva. Una buena jerarquía vial es importante para contar con uniformidad y adecuada seguridad vial (Ver la propuesta de Estrategia para la Bicicleta en Lima). La base de un diseño vial óptimo consiste en la relación armónica y segura entre función, forma y uso (Figura 12).

Balance entre función, forma y uso

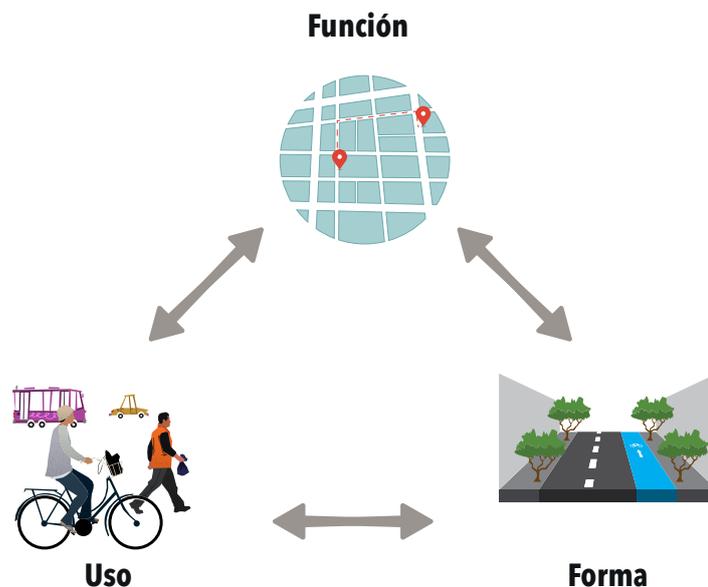


Figura 12. Función, forma y uso de la vía. Fuente: Elaboración propia con base en CROW (2017)

Función de la vía

En el tráfico hay dos funciones:

- Intercambiar
- Fluir

En puntos de intercambio diferentes usuarios de la vía pueden encontrarse en diferentes direcciones. Es posible salir y entrar a ella, al tiempo que existen movimientos producto de estacionamiento en la vía. En puntos de intercambio también existe una posible superposición de trayectorias entre vehículos motorizados y ciclistas. Por eso es necesario que las velocidades de diseño y efectivas sean menores.

En puntos de flujo no hay intercambio. Vehículos de tamaño y velocidad similar se mueven en una misma dirección sobre infraestructura segregada sin interrupciones de intercambio. Las vías de flujo en teoría son las vías expresas y las vías arteriales. Vías distritales o locales son las vías de intercambio, y en vías colectoras hay flujo en las secciones e intercambio en las intersecciones. Como se presenta más adelante en el documento, en muchas vías de Lima la práctica es diferente a esta teoría.

Forma de la vía

La forma de la vía es el diseño vial. Este diseño debe estar en concordancia con la función. Si la función principal es el flujo vehicular, se espera una velocidad máxima mayor y una forma que lo permita con seguridad. Si la función principal es intercambio, la velocidad debe ser menor y el diseño de la vía debe promover tal uso mediante una calzada más estrecha, pocos carriles o medidas para reducir la velocidad efectiva.

Uso de la vía

Si forma y uso están en concordancia, se espera un uso apto y acorde con la función de la vía. Por ejemplo, una vía distrital debe tener un flujo bajo, velocidades bajas y un diseño que comunica ese concepto a los usuarios de la vía. En la Figura 13 se muestra una falta de coherencia entre la forma, vía ancha que provoca o invita a velocidades mayores, y el uso deseado (velocidad baja de 30 kilómetros por hora).

Lima metropolitana cuenta con cierta uniformidad de las vías expresas (nacionales, subregionales y metropolitanas), contrario a lo que se encuentra en vías arteriales, colectoras y distritales. Estas últimas presentan gran variedad de perfiles viales (formas), lo cual resulta en una situación que dificulta a los usuarios identificar de qué tipo de vía se trata (función), y por lo tanto, desconocer qué comportamiento (uso) de tráfico se puede esperar. Este resultado en la práctica es en parte un resultado de la norma que regula la jerarquía vial; la Ordenanza 341 metropolitana que determina la jerarquía de todas las vías. Hay seis tipos de vías (función) que se describen en la Figura 14 y se



Figura 13. Falta de concordancia entre forma y uso deseado. Fuente: Google Street View.

detalla en el área central de la ciudad.

En la sección previa se mostró que la mayoría de la red propuesta (actualización) de ciclovías para Lima y Callao se proyecta sobre vías arteriales (27,5%), vías colectoras (29,2%) y vías distritales (33,8%). Solamente el 9,6% de la red propuesta se proyecta sobre vías expresas nacionales/regionales, subregionales y metropolitanas. Este resultado indica que la propuesta de adopción de la red de ciclovías requerirá un trabajo minucioso de revisión de la norma de la jerarquía vial (Ordenanza 341) para lograr un enfoque de diseño vial sostenible bajo una relación óptima y segura entre función, forma y uso. En particular, se recomienda buscar las oportunidades de redefinir la función de la vía, a través de la adopción de una política pública de redistribución y uso del espacio público (de la calle y su función de movilidad), es decir de la forma de la vía.

Para asistir este trabajo, el presente estudio analizó cada una de las seis categorías de tipos de vías definidas en la Ordenanza 341 (Anexo A) y se desarrolló una propuesta ad hoc de perfiles tipo sugeridos para la implementación de la infraestructura ciclovitaria (Anexo B). Las conclusiones de este trabajo sugieren una recomendación clara y concreta de redefinición de la jerarquía vial metropolitana y distrital, por lo menos en la red ciclovitaria propuesta, que deberá reflejar el nuevo uso ciclo-inclusivo de bajo estrés en estas vías. Es muy posible que algunas vías requieran una redefinición de su función, buscando crear una mayor estandarización de vías y mejorando la categorización en un número mínimo de perfiles; sin embargo el enfoque debe ser sobre la forma para lograr una armonía de estos tres conceptos en la revisión de la jerarquía vial de la ciudad.

Jerarquía vial en la red de ciclovías propuesta

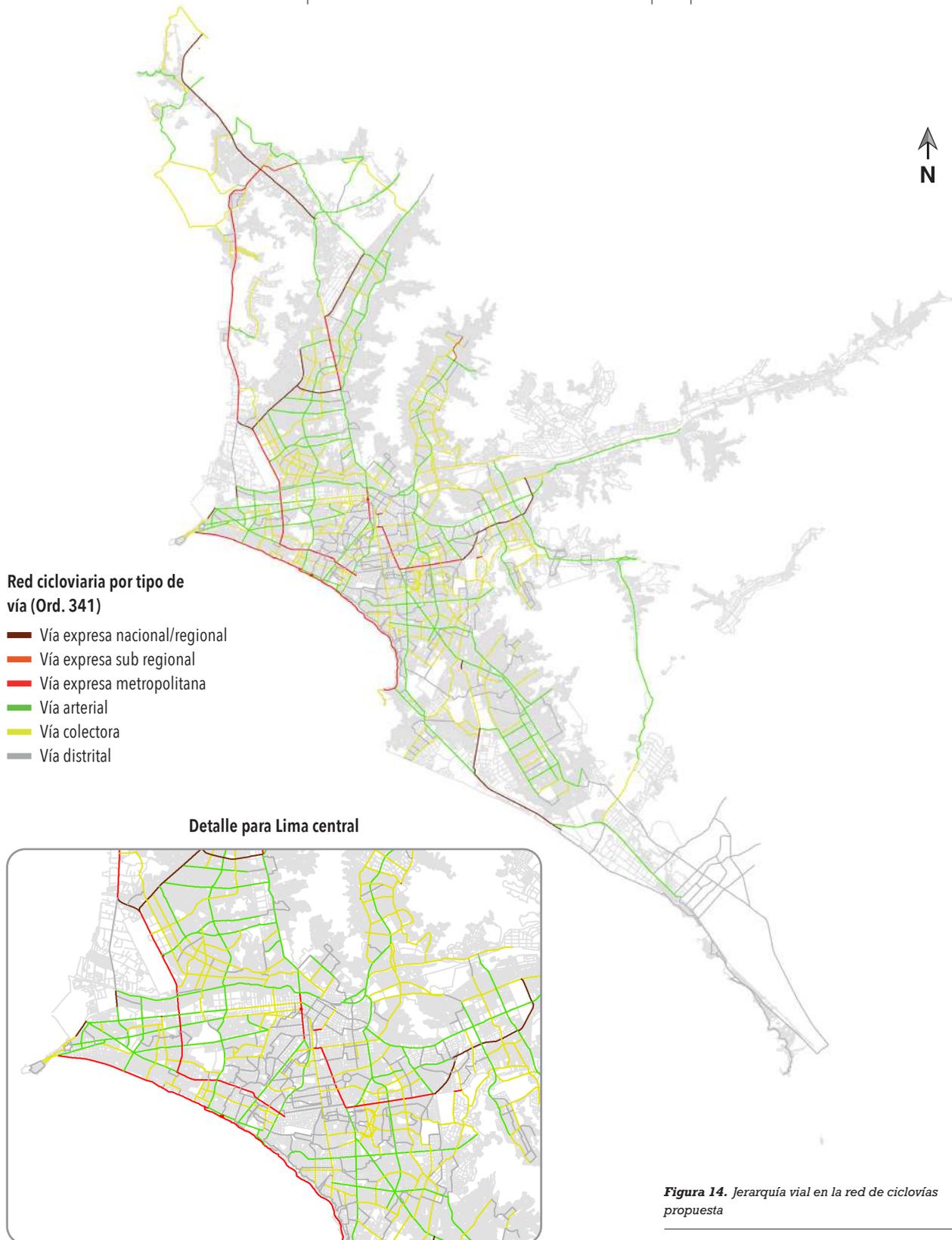


Figura 14. Jerarquía vial en la red de ciclovías propuesta

Antes de presentar el análisis y resumen de los Anexos A y B, es importante mencionar que las velocidades máximas están fijadas por una norma nacional (Código Nacional de Tránsito) , y que la propuesta de ajuste a la jerarquía vial (uso de la vía) idealmente debería incluir ajustes a esta norma. El Decreto Supremo N° 016-2009-MTC del Código de Tránsito del Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito distingue los siguientes tipos de vías con sus velocidades máximas (Artículo 162):

Tabla 7. Velocidades máximas según el Código de Tránsito

Tipo de vía – Decreto	Velocidad Máxima	Categoría de vía – Ordenanza 341
Carreteras	100 km/h	1. Vías expresas nacionales y regionales
Vías expresas	80 km/h	2. Vías expresas subregionales 3. Vías expresas metropolitanas
Avenidas	60 km/h	4. Vías arteriales metropolitanas 5. Vías colectoras metropolitanas
Calles y Jirones	40 km/h	6. Vías distritales

También es importante señalar que la velocidad máxima en las pistas secundarias de vías expresas es de 60 km/h, y que la velocidad máxima en pistas secundarias de vías arteriales es de 40 km/h.

Los perfiles analizados (Anexo A) provienen de la Ordenanza 341, aunque no siempre son los actuales o existentes, ya que en algunos casos no se implementaron las disposiciones de dicha ordenanza en términos de ampliación de vías (ej. Av Huarachiri) y de número de carriles.

Resumen: análisis de jerarquía vial

La base de un diseño vial seguro se sustenta en una relación óptima y armónica entre función, forma y uso; una relación que no es clara y adecuada en algunas categorías, particularmente en vías arteriales y colectoras metropolitanas en Lima. Un ejemplo de las implicaciones de esta relación se puede encontrar en las vías de mayor jerarquía en las cuales domina la función de flujo, resultando en una mayor velocidad efectiva y tráfico. En el Anexo A se presenta un análisis en donde se concluye que en Lima esta clasificación aplica de forma homogénea para vías expresas nacionales y regionales, y en su mayoría también para las vías expresas subregionales y metropolitanas. Sin embargo, el uso y la función de las vías arteriales y colectoras no siempre es tan claro, con presencia de estacionamiento intenso en vías arteriales (función de intercambio) y arteriales con volúmenes menores de tráfico. Las vías de menor jerarquía son vías con la función de intercambiar, con flujos de tráfico más bajos, menor velocidad y para viajes locales. Este concepto está presente en gran parte de las vías distritales, que tienen una sola calzada y un ancho limitado (típicamente hasta 7,00 m) como la Calle Paracas en Pueblo Libre (Figura 15), aunque hay otras que tienen dos calzadas, con flujos y velocidades mayores. Entonces hay vías locales que en la práctica no son vías de acceso con la función de intercambiar, sino vías que también tienen la función de fluir.



Figura 15. Vía arterial con 4 carriles (izquierda) y vía colectoras con 8 carriles (derecha). Fuente: google Street View

Del análisis realizado, se concluye que las vías arteriales y colectoras metropolitanas presentan la mayor diversidad de perfiles. Se identificaron vías arteriales de dos carriles (por ejemplo, Antigua Panamericana Sur) sin pistas secundarias, así como vías arteriales con ocho carriles (cuatro en pistas primarias y cuatro en pistas secundarias). Las vías colectoras analizadas también tienen una variedad de formas: desde ocho carriles (2x4 en Av. Canadá), hasta el típico perfil de dos carriles por dirección (2x2 en Av. la Fontana). Esta variedad de perfiles también resulta en vías colectoras que tienen más carriles que algunas vías arteriales. Por ejemplo, la Av. Canadá (Figura 15, derecha) en los distritos de San Borja y La Victoria tiene ocho carriles (2x4) y es una colectoras, pero la Av. Nicolás Dueñas (izquierda) cuenta con cuatro carriles (2x2) y es una vía arterial. En algunos casos es posible que la continuidad de una vía tenga mayor importancia a pesar de que se trata de una vía de menor ancho. Pero en el caso de Av. Canadá y Av. Nicolás Dueñas, la lógica de la jerarquía vial debería de asignarles el rol de arterial y colectoras respectivamente.



Figura 16. Calles distritales (Izq.: Paracas en Pueblo Libre, D.: Av. Alameda San Marcos, Chorillos).
Fuente: Google Street View

La conclusión principal del análisis presentado en el Anexo A es que no es posible proponer un solo diseño vial tipo con infraestructura ciclovía para cada categoría de vía definida en la Ordenanza 341, debido a que no existe un diseño típico de estas vías sin infraestructura ciclovía. Sin embargo, se pueden distinguir diferentes tipos de perfiles viales independientemente de la categoría de las vías definida en la norma. El análisis del Anexo A busca identificar una clasificación ad hoc de diseño vial típico, para que a partir de estos grupos se puedan presentar y proponer diseños tipo con infraestructura ciclovía, como los que se desarrollan en el Anexo B.

Recomendaciones: revisión y recategorización Ordenanza 341

Actualmente los perfiles viales de la Ordenanza 341 no incluyen infraestructura ciclovía, siendo esta la principal razón para revisar la norma en caso que el Plan de Infraestructura Ciclovía se adopte por Ordenanza Metropolitana. En el pasado, este hecho ha resultado en diversas dificultades y largos tiempos de implementación de nuevos proyectos de ciclovías en vías metropolitanas. En este contexto, la principal recomendación de esta sección consiste en analizar y adaptar los perfiles tipo con infraestructura ciclovía incluidos en el Anexo B como insumo para un eventual proceso de actualización de la Ordenanza 341 que incluya infraestructura ciclovía. En algunos casos, el resultado de esta revisión y actualización de la norma de jerarquía vial metropolitana podría resultar en una redistribución del espacio vial, y por lo tanto, de la forma de la vía. Este cambio generaría una reducción del espacio vial para vehículos motorizados, lo que podría justificar un cambio de categorización, por ejemplo, de vía arterial a vía colectora.

La revisión y actualización de la Ordenanza 341 se recomienda como una prioridad para generalizar una reorganización del sistema y su jerarquía vial, en la que se incluya la planificación de redes de movilidad sostenible con una red ciclovía y a la bicicleta como parte estructurante del sistema de movilidad urbana.

Si no se contemplan espacios suficientemente amplios y adecuados para la bicicleta desde el planeamiento de la jerarquía vial, después será difícil desarrollar e implementar proyectos de infraestructura ciclista con buenos estándares de seguridad y conectividad. Por lo tanto, se considera que la Ordenanza 341 debe actualizarse incorporando los criterios de la infraestructura ciclovial segura, los cuales deben guiar los estudios detallados de diseño necesarios para crear infraestructura ciclovial de alta calidad. Estas consideraciones son necesarias para garantizar el éxito de la política de promoción de movilidad activa (propuesta de una Estrategia para la Bicicleta en Lima) y de la visión de transformar la red ciclovial en un eje estructurante de ciudad y de su sistema de transporte urbano.

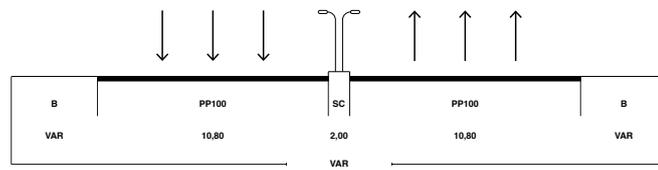
Criterios de intervención de perfiles tipo con infraestructura ciclovial

La idea original de la metodología de análisis era establecer una relación directa entre las tipologías viales establecidas en la Ordenanza 341 con secciones viales ciclo-inclusivas tipo. Pero, debido a la diversidad de perfiles viales existentes para cada tipología determinada en la ordenanza (vía expresa, arterial, colector, etc.) y la falta de coherencia entre forma y función de las mismas, no fue posible establecer dicha relación (1:1) entre un perfil tipo de infraestructura ciclovial con una tipología vial específica.

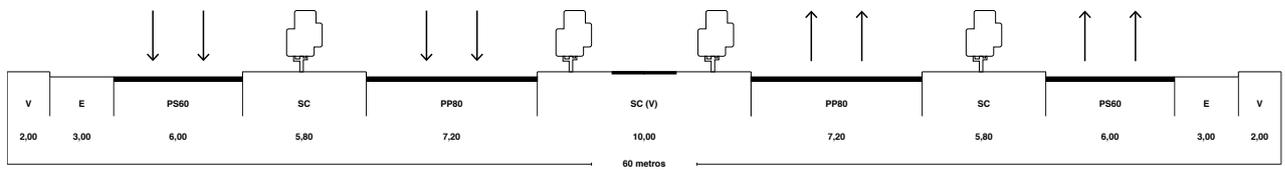
Los denominados perfiles de diseño (PD) en el marco de este estudio presentan la propuesta de estos nuevos perfiles tipo de diseño que incluyen infraestructura ciclovial. Esta propuesta es una aproximación inicial y genérica, la cual permite variaciones de diseño en dimensiones y configuraciones de carriles, estacionamientos y separadores centrales, entre otras características.

En las siguientes figuras se presenta el resumen de los PD tipo con más de seis carriles viales, y los PD tipo con ancho un ancho de 32 metros.

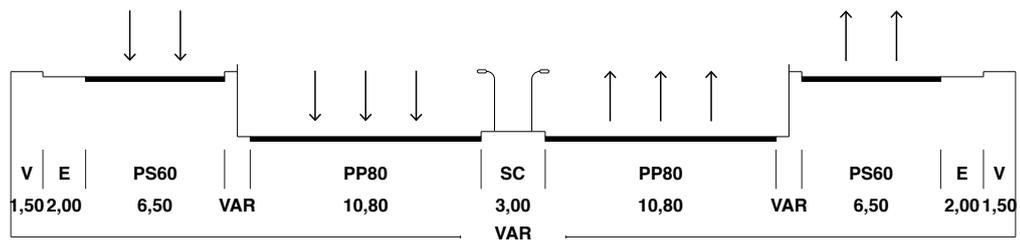
PD 1: Vía Expresa Nacional / Regional



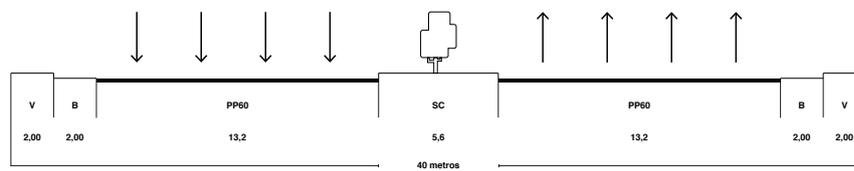
PD 2: Vía Expresa Subregional



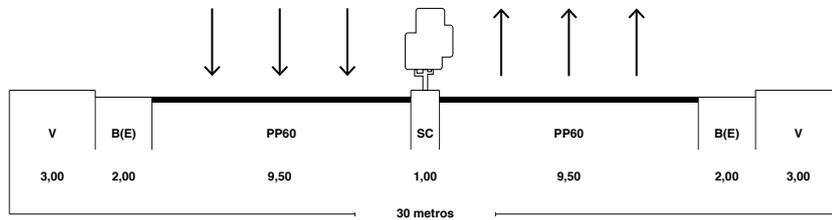
PD 3: Vía Expresa Metropolitana



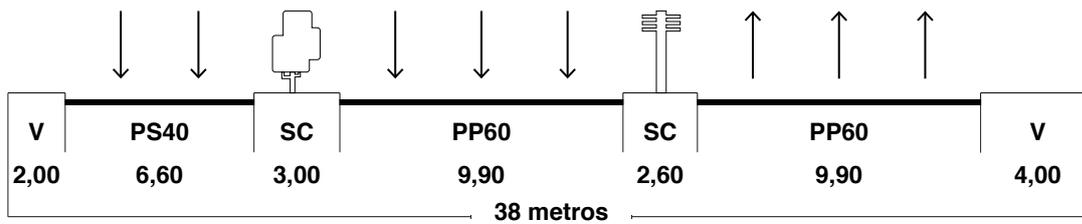
PD 4: Vía 2x4



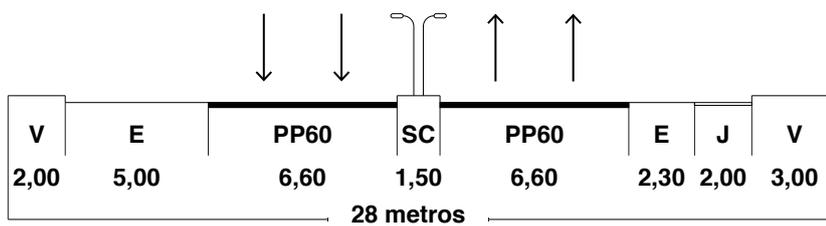
PD 5: Vía 2x3 + Estacionamiento



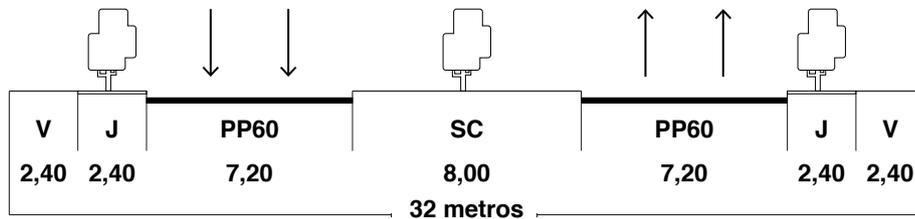
PD 6: Vía asimétrica 2x3 + 1x2



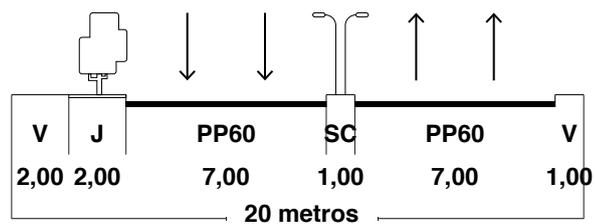
PD 7: Vía 2x2 estrecho + Estacionamiento (Av. Argentina)



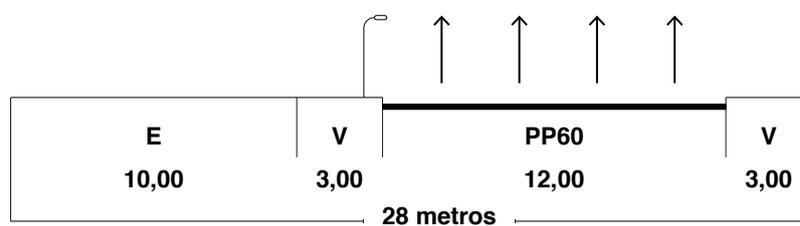
PD 8: Vía 2x2 ancho sin estacionamiento (La Fontana)



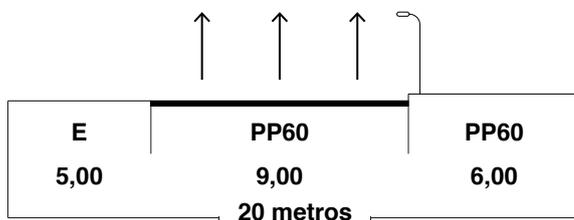
PD 9: Vía 2x2 estrecha sin estacionamiento (N. Dueñas)



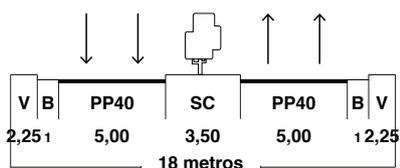
PD 10: Vía 1x4 unidireccional (Camino Real)



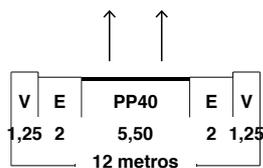
PD 11: Vía 1x3 unidireccional (Bertolotto)



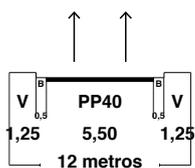
PD 12: Vía 2x2 estrecha distrital



PD 13: Vía 1x2 unidireccional



PD 14: Vía 2x1



Los PD1, PD2 y PD3 muestran perfiles para las vías expresas sin variaciones significativas, mientras que los PD4 a PD11 muestran una gran variedad de perfiles para vías arteriales y colectoras. Se resalta que la mayoría de los perfiles en el Anexo A corresponden a la Ordenanza 341 que no siempre son los mismos perfiles que se encuentran hoy en día en Lima. Sin embargo, el Anexo B incluye, con la excepción de PD1, perfiles existentes. Ante la falta de dimensiones exactas de los perfiles existentes, se analizó y contrastó la información contenida en la Ordenanza 341 y las estimaciones a partir de la inspección visual de *Google Streetview*¹. En los casos donde las dimensiones varían sustancialmente se ha seleccionado un ancho típico. En el Anexo B se presentan entonces los 14 PD con dimensiones y diferentes posibilidades para incluir infraestructura ciclovía segura y cómoda para Lima, con una alta calidad de diseño de bajo estrés.

Para definir los perfiles viales con diseño ciclo-inclusivo en el Anexo B, que buscan crear infraestructura ciclovía segura y cómoda de alta calidad y bajo estrés, se aplicaron los criterios y principios (Ver Propuesta de una Estrategia para la Bicicleta en Lima) que se resumen a continuación:

- Con el objetivo de política pública de cambio al paradigma multifuncional de la calle, mediante la redistribución del espacio público, activo clave de las ciudades para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible, inclusión y equidad, se busca priorizar el espacio para modos sostenibles encima de los modos motorizados particulares. Por consiguiente se recomienda, substituir carriles de tráfico motorizado por ciclovías (en vez de áreas peatonales o áreas verdes). Esto implica la substitución de un carril completo de tráfico motorizado por ciclovía y separación física lateral. Dónde hay espacio adicional se propone la implementación de ciclovías unidireccionales de ancho entre 2,00 y 2,40 m.
- Se recomienda ajustar las especificaciones de anchos de carriles de tráfico motorizado bajo conceptos de seguridad vial sostenible², así como otras estrategias para reducir (pacificar) la velocidad del tráfico motorizado en lugares de intercambio entre ciclistas y vehículos motorizados. Se recomienda mantener el ancho de los carriles de vías arteriales y colectoras si son entre 3,00 y 3,30 m.
- Dado el compromiso de sostenibilidad, resiliencia y mitigación del cambio climático, al diseñar los proyectos, se recomienda preservar áreas verdes y árboles.
- En vías bidireccionales se prefiere ciclovías unidireccionales laterales en vez de ciclovías bidireccionales para mejorar la seguridad vial³.

1 El equipo del Banco Mundial visitó y recorrió en bicicleta casi la totalidad de la red ciclovía de Lima en 2017. Estas visitas de campo no buscaban hacer un levantamiento de medidas de perfiles viales, por eso el equipo se apoyó en una metodología de inspección visual remota por *Google Streetview*. Aunque varias de las imágenes en *Google Streetview* pueden tener más de cinco años de antigüedad, el análisis no deja de ser válido debido a que estos aspectos de configuración de perfiles viales urbanos no suelen cambiar con frecuencia en la mayoría de las vías urbanas.

2 Pistas de menor ancho reducen la velocidad y resultan en una mejor seguridad vial.

3 En una vía con una ciclovía bidireccional existe el doble riesgo de accidentes con ciclistas en comparación con una vía con ciclovías unidireccionales.

- En vías unidireccionales se debe considerar el cambio a bidireccional o limitar la vía a un solo carril antes de agregar la infraestructura ciclovial⁴.
- Con mayor velocidad y volumen del tráfico motorizado se requiere mayor separación y protección de las ciclovías. Se recomienda aplicar separación física para ciclovías en todas las vías con una velocidad (V85) mayor a 50 km/h.
- Se requiere un ancho suficiente de ciclovías para sobrepasar y tener una mejor seguridad vial. El ancho mínimo de una ciclovía unidireccional debe ser de 2,00 m y bidireccional de 2,80 m, siempre priorizando en la medida de lo posible los anchos recomendados y no los mínimos (ver Tabla 8)⁵.
- Se recomienda una separación lateral física de 1,00 m pudiendo llegar a un mínimo de 0,60 m. Cuando haya estacionamiento paralelo se requiere una separación física lateral de entre 1,00 y 1,50 m, cosa de proteger a las personas en bicicleta de la apertura de puertas de los vehículos.

Tabla 8. Dimensiones para infraestructura ciclovial según Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva (MML, 2017) (*) Aplica para ciclosenda y cicloacera

Ancho (no incluye resguardo)	Ciclocarril	Ciclovía Unidireccional *	Ciclovía Unidireccional (con sobrepaso)*	Ciclovía Bidireccional *
Mínimo	1,40 m	1,60 m	2,00 m	2,80 m
Recomendado	1,80 m	2,00 m	2,40 m	3,20 m

Conclusiones del análisis de perfiles tipo con infraestructura ciclovial

El proceso de estudiar los perfiles viales y la situación real en las diferentes vías de Lima, así como el proceso de selección e inserción de infraestructura ciclovial en los 14 perfiles viales tipo identificados, dio como resultados las siguientes conclusiones:

- La elección del tipo de perfil de infraestructura ciclovial no depende exclusivamente del ancho (o la forma) de la vía. También se consideran factores como la oferta de estacionamiento, la existencia de accesos a predios y vías laterales, las tipologías de uso de suelo, el flujo y velocidad del tráfico vehicular motorizado y la presencia de flujo de vehículos pesados, entre otros.

4 Vías unidireccionales provocan velocidades mayores y no permiten la instalación de islas centrales, lo que aumenta el riesgo para ciclistas y peatones cruzando la vía. Un estudio en Canadá encontró que en vías unidireccionales hay 2,5 más niños heridos que en vías bidireccionales (Wazana, A., 2000).

5 Cuando la autoridad considere que por el flujo existente no es factible aplicar los anchos recomendados, tiene la posibilidad de aplicar anchos inferiores (mínimos) sabiendo que no serían aptos o seguros para flujos mayores

- Una decisión crítica en Lima para la adopción de la actualización del Plan de Infraestructura Ciclovial será la decisión de priorizar las ciclovías unidireccionales laterales sobre las ciclovías adyacentes o en la berma central. Es posible que la presencia de accesos a predios y estacionamiento de clientes (Av. Canadá) o flujos altos de tráfico de camiones (Av. Argentina) puedan ser argumentos para instalar las ciclovías en el separador central, se recomienda hacer gestión sobre estas condiciones. Este tipo de decisiones siempre deben valorar las ventajas y desventajas de las diferentes opciones de diseño bajo los criterios acá descritos.

En el contexto de adopción final de estándares y configuración de diseño para las ciclovías propuestas, se recomiendan las siguientes acciones:

- Un estudio o el análisis de datos existentes sobre demanda y capacidad de estacionamiento en vía, así como de tráfico promedio en las vías sobre la red ciclovial propuesta, como paso imprescindible antes de continuar con el diseño en detalle de ciclovías en Lima.
- Por motivos de seguridad vial, se debe evitar que accesos a predios y estacionamiento perpendicular cruce ciclovías bidireccionales. En estos casos se recomienda substituir estacionamiento perpendicular por estacionamiento paralelo y/o evitar la aplicación de ciclovías bidireccionales.
- Los diferentes perfiles que, en muchos casos, varían en una misma vía, requieren un desarrollo de diseños ciclovial para toda la vía, tomando en cuenta estos cambios de perfil y enfocando las soluciones de diseño en primer lugar en los tramos más estrechos y problemáticos.

Estimación de costos de implementación de la red propuesta

Perfiles seleccionados para la estimación de costos

Como se demostró en las secciones previas, no es tan fácil determinar perfiles viales tipo, y mucho menos seleccionar un solo diseño tipo para infraestructura ciclovial por cada perfil vial. Hay diferentes opciones y el diseño óptimo depende de diferentes factores que se evalúan con un estudio morfológico urbano y de tráfico de cada vía, estudios sobre demanda y oferta de estacionamiento, de seguridad vial y ciudadana, y hasta estudios topográficos. El hecho que el perfil de la gran mayoría de las vías estudiadas cambia a lo largo de su recorrido, tiene como consecuencia que no pueden determinar, en el marco de este estudio, los diseños óptimos para los más de 1.100 kilómetros de ciclo-infraestructura propuesta.

Para estimar el costo aproximado de inversión y mantenimiento de la red propuesta, se desarrolló una metodología que asigna un rango de costos a partir de la selección de diseños propuestos (ver anexo B)⁶. Para cada categoría vial se seleccionó uno o más perfiles de diseño y se calculó el costo estimado de cada uno de ellos (Tabla 9). En total se estimaron costos para 16 perfiles de diseño identificados como alternativas óptimas o preferidas.

Tabla 9. Resumen de diseños y costo estimado según perfil de diseño y tipo de vía.

	Tipo de vía	Vía de ejemplo	Tipo ciclovía	Costo (PEN) con asfalto nuevo
Cat 1	Vía Expresa Nacional	Panamericana Sur	Bidireccional	1.142.128
Cat 2	Vía Expresa Subregional	Av. F. Wiese	Bidireccional	1.578.885
			Unidireccional + compartido	1.701.076
Cat 3	Vía Expresa Metropolitana	Av. Javier Prado este	Bidireccional	1.722.420
			Unidireccional + compartido	1.855.720
Cat 4	Colectora	Av. Canadá (2x4)	Unidireccional lateral/central	1.808.162
	Colectora (residencial)	Av. La Fontana	Bidireccional	1.181.256
	Colectora (residencial)	Av. La Fontana	Unidireccional + mover est.	1.903.541
	Colectora (residencial)	Av. La Fontana	Unidireccional central	1.628.036
	Colectora (industrial)	Av. Dueñas	Unidireccional lateral	1.353.020
Cat 5	Arterial	Av. Huaylas	Unidireccional + mover est.	1.903.541
	Arterial	Av. Huaylas	Unidireccional + quitar est.	2.171.414
	Arterial	Av. Huaylas	Bidireccional	1.163.952
	Arterial (industrial)	Av. Argentina	Unidireccional central	1.305.548
	Arterial (urbana, unid.)	Av. Bertolotto	Bidireccional lateral	636.260
Cat 6	Distrital	Av. Renán Olivera	Uso compartido + est. Pintado	1.295.334
	Distrital (unidir)	Calle Paracas	Uso compartido	1.241.363
	Distrital	Av. Huanacaure	Uso compartido + ciclocarril	1.358.555

6 La estimación de costos es referencial a partir del conocimiento de expertos del equipo del Banco Mundial para proyectos similares en América Latina y en rangos que incluyen las posibles variaciones por las características específicas de cada sección vial y otras variables constructivas en el contexto de Lima.

Ejemplo de estimación de costos de perfil tipo

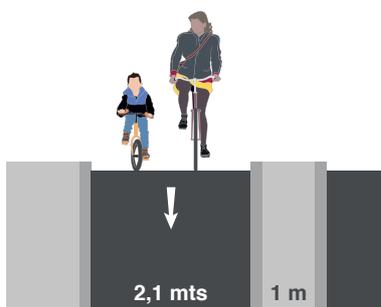
Para el cálculo de los costos se consideró el diseño de la ciclovía como el diseño que muestra la Figura 17. En este caso puntual se substituyó el carril derecho (de un ancho estimado de 3,3 m) en ambos lados de la vía por una ciclovía de 2,3 m unidireccional, con un separador lateral duro de 1,0 m de ancho, con árboles cada 20 m.



Figura 17. Referencia de perfil de diseño (PD4-1)
Av. Canadá

Se hizo una estimación de costos simplificada que incluye nueve elementos específicos de costos, cuyas características varían según el diseño para cada caso. Para crear indicadores universales los cálculos se hicieron con base en un estándar de ciclovía de 2,10 metros de ancho, unidireccional, con un separador lateral de 1,00 metro (Figura 18).

Figura 18. Modelo estándar de ciclovía para establecer indicadores universales en la estimación de costos



A continuación, se describen los principales supuestos utilizados para estimar los costos para cada diseño:

- **Intersecciones:** Con la excepción de vías expresas nacionales, se suponen 10 intersecciones por kilómetro. De estas, se supone que dos son intersecciones principales y ocho intersecciones menores cruzando vías distritales.
- **Costo intersecciones:** Se calculó el costo de islas de protección (Sección 5.4) para una intersección principal y se estima la mitad para una intersección pequeña. Para las vías más estrechas se ha reducido aún más el costo de las intersecciones. También se incluyen los costos para cruces perpendiculares. Ninguna de las estimaciones incluyen semáforos o adecuaciones de las fases existentes.

- **Termoplástico rojo:** Para dar mayor visibilidad a los ciclistas en los cruces, la aplicación de termoplástico sólo se considera en intersecciones.
- **Islas:** En cada intersección a lo largo de la ciclovía se incluye el costo de islas o "patas de elefantes".

Tabla 10. Ejemplo de estimación de costos por km con base en el diseño PD4-1

Arterial o Colectora ancho							
Intervención	Unidad	Cantidad	Ancho (m)	Lineal (m)	Total	Costo unitario (PEN)	Costo km (PEN)
Separador duro (ladrillos y arboles)	m ²	2	0,70	800	1120	77,68	87.001,60
Sardineles nuevos (del separador)	m.	4		800	3200	69,64	222.848,00
Arboles nuevos (cada 20 m.)	Ud.	100			100	510,72	51.072,00
Asfalto (100% nuevo)	m ²	2	2,10	1000	4200	72,50	304.500,00
Patas de elefantes en intersecciones	Ud.	400	0,50	0,5	100	80,00	8.000,00
Señalización en intersecciones	m ²	20	2,10	10	420	80,00	33.600,00
Señalización vertical	Ud.	25			25	600,00	15.000,00
Cruces con vías principales	Ud.	2			2	48.516,00	97.032,00
Cruces con vías secundarias	Ud.	8			8	24.258,00	194.064,00
Factor imprevistos o complejidades		25%					1.266.397,00
1. Formulación del perfil		3%					37.991,91
2. Expediente técnico		8%					101.311,76
3. Supervisión de obra		10%					126.639,70
SUB TOTAL GENERAL							1.532.340,37
Impuestos (18%)		18%					275.821,27
TOTAL							1.808.161,64
						US \$	383.756,67

Notas adicionales sobre los supuestos de estimación de costos:

- **Separador duro.** En el caso de separadores verdes de tierra se incluye en el presupuesto separadores de ladrillos. Con sardineles de 0,15 m de ancho, este elemento tiene un ancho 0,30 m menor que el ancho total del separador 0,70 m.
- **Longitud de separador y sardineles.** Se calcula que 10 intersecciones por kilómetro, incluyendo dos principales, resultan en una interrupción de 20% de los separadores, por lo que la longitud es 800 m en lugar de 1.000 m.
- **Asfalto.** Se estimaron los costos calculando tanto el costo de aplicación de asfalto nuevo como el uso del asfalto existente.
- **Factor de imprevistos o complejidades.** Este elemento toma en cuenta que hay puntos problemáticos donde por ejemplo hay que mover un poste y reorganizar accesos a predios o estacionamiento. En el caso de ciclovías laterales en Av. Canadá se supone un porcentaje bastante alto de 25% por los desafíos laterales.

Alternativas de implementación

El costo de asfalto nuevo y de los separadores con árboles es significativo, pudiendo alcanzar en este caso un 65% del costo total. En este diseño, como en la mayoría de los diseños propuestos, se calculó el costo usando el asfalto existente. Otra medida de reducción de costos es implementar topellantas diagonales y macetas como separadores de ciclovía (Figura 19). Este diseño es menos durable que una separación dura, pero es más atractivo dado que ofrece una separación firme con el tráfico o el estacionamiento. Además, ofrece espacio de resguardo para peatones que cruzan la vía.

El separador con topellantas es aplicable en lugares donde el asfalto existente es de buena calidad y donde, por razones de seguridad personal, las personas usuarias de la bicicleta tienen la posibilidad de salir de la ciclovía.



Figura 19. Modelo estándar de ciclovía para establecer indicadores universales en la estimación de costos

Para cada diseño se han calculado alternativas de características técnicas. La Tabla 11 muestra el costo por kilómetro de topellantas y macetas, y ofrece una comparación del costo total de las diferentes alternativas constructivas. Usando asfalto existente se reduce el costo un 30%, y con la aplicación de topellantas y macetas, en vez de un separador duro, se reduce un 47%.

Tabla 11. Estimación de costos de topellantas diagonales y macetas

Intervención	Unidad	Cantidad	Ancho (m)	Lineal (m)	Total	Costo unitario (PEN)	Costo km (PEN)
Topellantas diagonales (400 por km)	ud.	800			800	88	70.400,00
Macetas 10 por cuadra de 100 m	ud.	200			200	120	24.000,00
1. Formulación del perfil		3%					97.232,00
2. Expediente técnico		21%					117.650,72
3. Supervisión de obra		18%					138.827,85

Tabla 12. Costos por km del diseño PD4-1 con diferentes alternativas constructivas

4 alternativas constructivas y costos (PEN)				
	Asfalto nuevo	20% asf. nuevo	Asf. existente	Asf. existente topellantas + macetas
Costos base	1.266.397,00	961.897,00	885.772,00	637.287,85
1. Formulación del perfil	37.991,91	28.856,91	26.573,16	19.118,64
2. Expediente técnico	101.311,76	76.951,76	70.861,76	50.983,03
3. Supervisión de obra	126.639,70	96.189,70	88.577,20	63.728,78
SUB TOTAL GENERAL	1.532.340,37	1.163.895,37	1.071.784,12	771.118,30
Impuestos (18%)	275.821,27	209.501,17	192.921,14	138.801,29
TOTAL	1.808.161,64	1.373.396,54	1.264.705,26	909.919,59
	100%	76%	70%	53%

Estimación del costo de la red de infraestructura ciclovía propuesta

En el Anexo C, se presentan todas las estimaciones de costos de los 16 diseños de PD. La Tabla 13 muestra los costos estimados de todos los perfiles y las alternativas de implementación.

Tabla 13. Costos (PEN) por km estimados para los 16 PD y las 4 alternativas de implementación

	Tipo de vía	Separador (duro o verde) con sardineles			Topellantas
		Asf. nuevo	20% asf. nuevo	Asf. existente	Asf. existente
CAT1	Vía Expresa Nacional	1.142.128	n.a.	n.a.	n.a.
CAT2	Vía Expresa Subregional	1.578.885	1.068.761	941.230	728.895
		1.701.076	1.336.702	1.245.608	955.876
CAT3	Vía Expresa Metropolitana	1.722.420	1.165.921	1.026.796	696.372
		1.855.720	1.458.220	1.358.845	1.028.422
CAT4	Colectora	1.808.162	1.373.397	1.264.705	909.920
	Colectora (residencial)	1.181.256	903.006		848.654
	Colectora (residencial)	1.903.541			1.603.591
	Colectora (residencial)	1.628.036			1.291.242
	Colectora (industrial)	1.353.020	988.646	897.552	409.521
CAT5	Arterial	1.903.541			1.603.591
	Arterial	2.171.414	1.754.040	1.649.696	1.262.241
	Arterial	1.163.952			931.570
	Arterial (industrial)	1.305.548	941.173	850.080	472.847
	Arterial (urbana, unid.)	636.260	408.526	351.593	187.377
CAT6	Distrital	1.295.334	425.804	260.179	
	Distrital (unidir)	1.241.363	371.833	154.450	
	Distrital	1.358.555	489.025	271.642	

Tabla 14. Asignación de tipos de diseño por categoría de vías

	Tipo de vía	%	Asfalto nuevo	20% asfalto nuevo	Asfalto existente	Asfalto existente topellantas
CAT 1	Vía Expresa Nacional	100%	1.142.128			
CAT 2	Via Expresa Subregional	60%	947.331	641.257	564.738	437.337
		40%	680.431	534.681	498.243	382.350
		100%	1.627.762	1.175.937	1.062.981	819.687
CAT 3	Via Expresa Metropolitana	60%	1.033.452	699.553	616.078	417.823
		40%	742.288	583.288	543.538	411.369
		100%	1.775.740	1.282.841	1.159.616	829.192
CAT 4	Colectora	25%	452.040	343.349	316.176	227.480
	Colectora (residencial)	20%	236.251	180.601		169.731
	Colectora (residencial)	15%	285.531			240.539
	Colectora (residencial)	20%	325.607			258.248
	Colectora (industrial)	20%	270.604	197.729	179.510	81.904
		100%	1.570.034	1.110.276	1.101.526	977.902
CAT 5	Arterial	25%	475.885			400.898
	Arterial	15%	325.712	263.106	247.454	189.336
	Arterial	20%	232.790			186.314
	Arterial (industrial)	20%	261.110	188.235	170.016	94.569
	Arterial (industrial unid.)	20%	127.252	81.705	70.319	37.475
		100%	1.422.749	969.174	886.889	908.593
CAT 6	Distrital	25%	323.833	106.451	65.045	
	Distrital (unid.)	50%	620.682	185.916	77.225	
	Distrital	25%	339.639	122.256	67.910	
		100%	1.284.154	414.623	210.180	

Es importante resaltar que algunos diseños propuestos solo se podrían hacer con asfalto nuevo y, que al implementarse con separador de topellantas, sigue siendo la opción más económica.

Para poder estimar el costo promedio de infraestructura ciclovial en todos los seis tipos de vías, se calcula el costo de cada categoría de vías con base en la frecuencia de implementación de cada PD. Este cálculo genera un costo promedio por kilómetro para cada categoría de vía.

Con esta información se puede estimar el costo aproximado de la implementación de la red ciclovial propuesta con un total de 1.173 km nuevos de infraestructura. La Tabla 15 muestra los resultados en un rango de costo mínimo, cuando se seleccionan los elementos de diseño individual más económicos y con menor grado de contingencias, y de costo máximo estimado con los elementos de diseño más costosos y con mayor contingencias.

En conclusión, el costo de implementación de la red ciclovial propuesta de 1.173.2 km nuevos, está en un rango de entre PEN 806.000.000 y PEN 1.666.000.000, o PEN 687.000 y PEN 1.420.000 por kilómetro.

Tabla 15. Estimación de costo de implementación de la red ciclovial propuesta

	Tipo de vía	Km. proyectados	Costo por km		Costo total	
			Máximo combinado	Mínimo combinado	Máximo Combinado	Mínimo Combinado
CAT 1	Expresa nacional / reg.	53,15	1.142.128	1.142.128	1.142.128	1.142.128
CAT 2	Expresa sub regional	4,98	1.578.885	1.627.762	819.687	728.895
CAT 3	Expresa metropolitana	59,24	1.722.420	1.775.740	829.192	696.372
CAT 4	Arterial	312,28	1.903.541	1.570.034	977.902	409.521
CAT 5	Colectora	339,92	2.171.414	1.422.749	886.889	187.377
CAT 6	Distrital	402,61	1.358.555	1.284.154	210.180	154.450
Costo total de la construcción					1.664.935.892	805.384.388
Costo por km:					1.420.369	687.079

5. Diseño de infraestructura ciclovía

Características de infraestructura ciclovía existente

En este capítulo se analizará, las características de la infraestructura ciclovía en Lima, a nivel metropolitana y distrital, así como sus especificaciones de diseño. Además de estar parcialmente conectada, los criterios de diseño de la infraestructura presentan poca homogeneidad. Las siguientes figuras muestran los diferentes tipos de infraestructura por ubicación, tipo de diseño constructivo, sentido de dirección y sus respectivas longitudes.

La gran mayoría de ciclovías está en berma central (56%) y a nivel de pista o calzada (24%). Asimismo, del total de red de ciclovías efectivas en operación (210,8 km), 131,4 km (62%) es infraestructura bidireccional y 79,3 km (38%) es unidireccional.

Los diferentes tipos de infraestructura ciclovía se definen de la siguiente manera acorde al Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista de Lima Metropolitana:

- 1. Carril compartido:** En este tipo de vías el ciclista es la prioridad y pueden circular por el centro del carril o calzada.
- 2. Ciclocarril:** Es una franja delimitada de la calzada que guía la circulación de bicicletas, siempre en sentido unidireccional.
- 3. Ciclovía en pista o calzada:** infraestructura está integrada al nivel de la calzada o al separador lateral o central.

4. **Cicloacera:** Una vía para usuarios de la bicicleta integrada a la vereda o en espacios compartidos con peatones.
5. **Ciclosenda:** Infraestructura ciclovía que no sigue el trazado de una vía motorizada sino que están vinculadas a parques lineales, malecones, alamedas, corredores verdes u otra infraestructura donde no circulan vehículos motorizados.

Esta nomenclatura se basa en la ubicación en la vía y el nivel de elevación en relación con la pista o la vereda, pero excluye factores como el ancho de la ciclovía, el ancho de separación del tráfico motorizado y su condición unidireccional o bidireccional.

En términos generales se evidencia que la calidad de diseño de la infraestructura ciclovía en Lima varía significativamente, con deficiencias importantes en estándares de diseño ciclo-inclusivo y seguro que se recomienda en el Anexo B. Hay evidencia de infraestructura de alto estándar de calidad y bajo estrés, pero también hay muchas ciclovías, o tramos puntuales problemáticos por su ancho de carril, la falta de separación física adecuada o por su integración con intersecciones complejas. La principal y más frecuente deficiencia se evidencia en el ancho de carril de las ciclovías, el cual es insuficiente para garantizar un mínimo de comodidad y seguridad vial para el ciclista. La variedad de diseño incluye desde ciclovías bidireccionales y segregadas con un ancho de 4,00 m (Av. Salaverry) hasta ciclovías (unidireccionales) con un ancho menor a 1,00 m. Todas estas variables son muy importantes para la seguridad vial y se analizan con mayor detalle en la siguiente sección.

Tabla 16. Infraestructura ciclovía existente en Lima por características de diseño constructivo

	Característica de diseño constructivo	Bidireccional (km)	Unidireccional (km)	TOTAL (km)	%
No segregada	Ciclocarril	5,4	19,2	24,7	12%
	Carril compartido	0,7	7,4	8,1	4%
	Ciclovía en berma	86,7	31,7	118,5	56%
Físicamente segregada	Ciclovía en calzada	29,7	20,0	49,7	24%
	Cicloacera	7,7	0,3	8,0	4%
	Ciclosenda	1,2	0,6	1,8	1%
	TOTAL (km)	131,4	79,3	210,8	
	Total %	62%	38%		

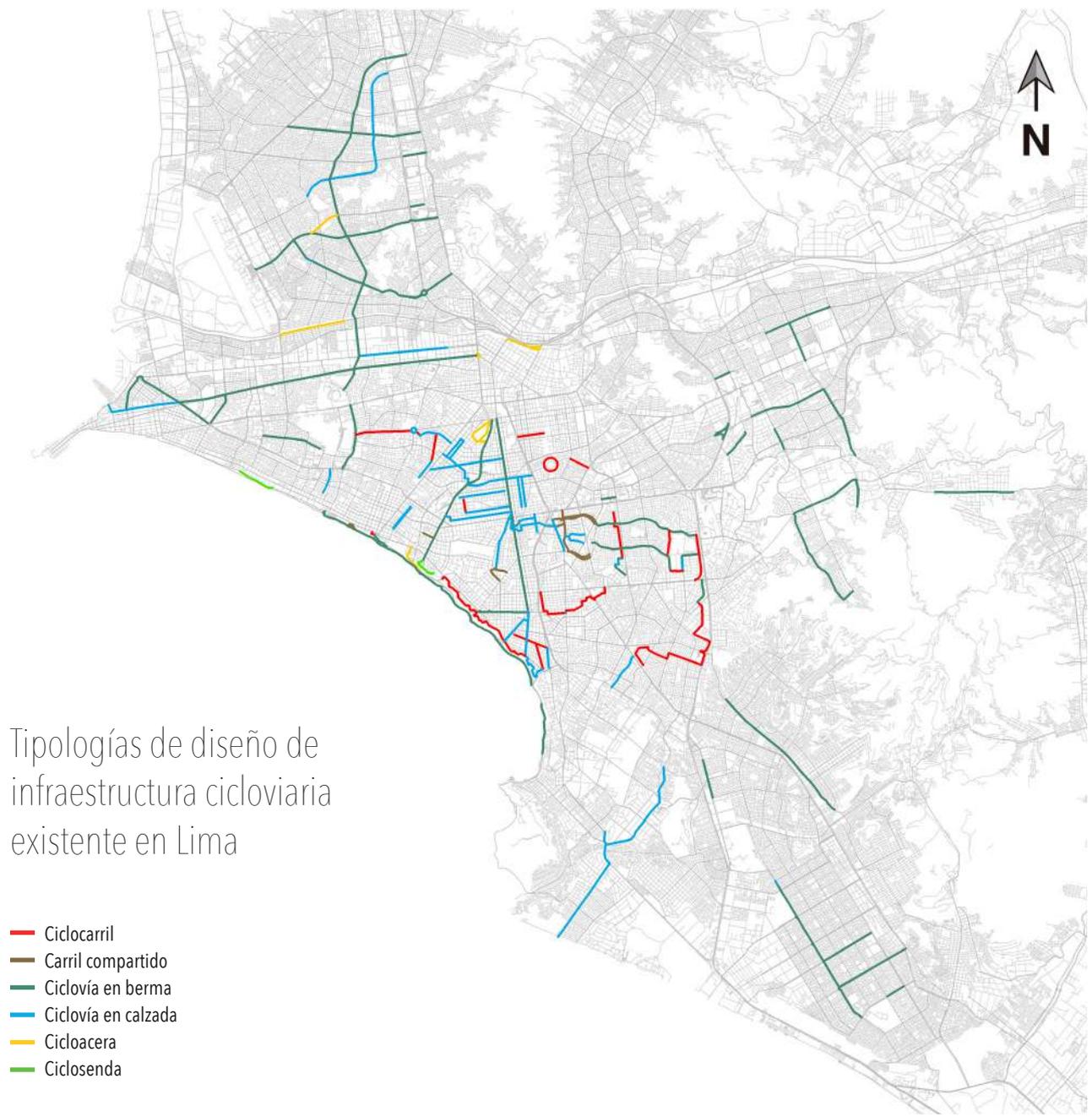


Figura 20. Tipologías de diseño de infraestructura ciclovitaria existente en Lima

Características de diseño constructivo de la infraestructura ciclovía en Lima

Carril compartido



Foto: Patricia Calderón Peña

Ciclocarril



Foto: Claudio Olivares Medina

Cicloacera



Foto: Patricia Calderón Peña



Figura 21. Características de diseño constructivo de la infraestructura ciclovía en Lima.

Calidad y estado de la infraestructura ciclovía existente

Crterios de Infraestructura ciclovía de alta calidad y bajo estrés

Igual de importante al trazado de la red de ciclovías, el diseño vial de la infraestructura ciclovía de alta calidad y bajo estrés es el que cumple con los ocho requisitos para el diseño de ciclo-infraestructura planteados para Lima. Para lograr un nivel de seguridad vial y comodidad (NET 1 o 2) que permita atraer nuevos ciclistas ("interesados pero preocupados") es muy importante que se adopten criterios mínimos de diseño para las intervenciones de infraestructura ciclovía. Hay ocho requisitos que se aplican al nivel de secciones de vías, intersecciones y al nivel de la calzada o carril (Tabla 17).

Si bien lo ideal es cumplir totalmente con todos los requisitos, los primeros cinco requisitos son clave para desarrollar infraestructura de buena calidad y aplican tanto a secciones como intersecciones, pista o calzada (Tabla 18). Los mismos requisitos se aplican en el nivel de intersecciones y calzada.

Tabla 17. Los ocho requisitos para la infraestructura ciclovía a nivel de sección de la vía

Requisito	Nivel de sección de la vía
1. Coherencia	Las variaciones en la geometría, como el ancho y las características del diseño de las ciclovías, están reducidos al mínimo.
2. Rutas directas	La velocidad de flujo es suficiente para la ciclovía. Las personas en bicicleta no experimentan retrasos o detenciones. La ciclovía no tiene desvíos.
3. Seguridad vial	La ciclovía es suficientemente ancha para sobrepasar y maniobrar en caso de requerir evadir. La separación física es suficientemente ancha y no representa un obstáculo preligroso.
4. Comodidad	La ubicación de la infraestructura ciclovía reduce la molestia del tráfico. Provee resguardo del viento, lluvia o calor (aunque no tenga gran incidencia en Lima). Minimiza la cantidad y la inclinación de pendientes (por ejemplo, en puentes o túneles).
5. Atractividad y seguridad ciudadana	Incorpora paisajismo para mejorar la experiencia del entorno. La elevación y distancia de la ciclovía en relación a la vía reduce la probabilidad de encandilamiento por luces. La infraestructura ciclovía es visible desde la vía o predios adyacentes, mejorando así la seguridad ciudadana.
6. Integración espacial	La elevación de la infraestructura ciclovía con relación a la vereda resulta en una buena integración espacial.
7. Experiencia del usuario	El diseño vertical y horizontal de la infraestructura ciclovía resulta en que ciclistas y otros usuarios del espacio público obtienen una experiencia positiva con la ciclovía.
8. Valor socioeconómico	La ubicación de la infraestructura ciclovía facilita el acceso a comercios y agrega valor, atrayendo clientes. (por ejemplo, una ubicación en la berma central separa la ciclovía de su entorno comercial, por lo tanto a las personas en bicicleta).

Tabla 18. Los cinco requisitos para la infraestructura ciclovía a nivel de intersecciones, pista o calzada

Requisito	Nivel de intersección	Nivel de pista o calzada
1. Coherencia	Encontrar la ruta: La infraestructura muestra claramente donde deben circular los ciclistas. Continuidad: La infraestructura continúa en la intersección.	Consistencia de calidad: Pocos cambios en tipo y material de pavimento de la infraestructura ciclovía.
2. Rutas directas	Velocidad de flujo: No hay curvas o rampas requiriendo una reducción de velocidad de los ciclistas.	Velocidad de flujo: La pista o calzada no requiere una disminución de la velocidad de ciclistas.
3. Seguridad vial	Complejidad de andar en bicicleta: Cruzar la intersección es sencillo y la presencia de islas de protección permite cruzar en fases. Visibilidad: Los ciclistas siempre son visibles para los motoristas.	Probabilidad de encuentros con tráfico motorizado: El pavimento de la infraestructura ciclovía no provoca circular en bicicleta en la vía.
4. Comodidad	Piso liso: Evita rampas pendientes en intersecciones.	Piso liso: El pavimento de la infraestructura ciclovía es liso con bajo resistencia al rodado.
5. Atractividad y seguridad ciudadana	No aplica	Estética: La apariencia del pavimento está en concordancia con el carácter del entorno.

Calidad y estado de mantenimiento de la infraestructura existente

La calidad de la infraestructura ciclovía en Lima varía mucho. Hay infraestructura ciclovía bastante buena, pero también muchos tramos de mala calidad que no cumplen con los requisitos planteados. Para justificar esta conclusión se analizaron los siguientes temas:

- Opinión de los ciclistas de Lima.
- Efectividad de la red de ciclovías en generar uso de la bicicleta.
- Valoración cualitativa de calidad y estado de la infraestructura existente.
- Ejemplos específicos de problemas de calidad de la infraestructura ciclovía existente.

A continuación se presenta el análisis y conclusiones de estos cuatro temas.

La opinión de los ciclistas de Lima

Una de las mejores maneras para medir la calidad de la infraestructura ciclovial es preguntar el nivel de satisfacción de los ciclistas urbanos. Un indicador clave de que la infraestructura cumple su función es si los ciclistas están satisfechos con ella. Si las personas están contentas, la infraestructura cumple su función. Como muestra la siguiente afirmación, desafortunadamente, este parece no ser el caso actualmente en Lima:

- Según la encuesta de Lima Cómo Vamos, en 2018, solamente 9,4% de los encuestados reportó que estaba satisfecho con las ciclovías, 57,2% estaban insatisfechos y 27,4% ni insatisfecho ni satisfecho (con el resto sin respuesta).
- En la encuesta no se incluyeron preguntas acerca de detalles o características de la infraestructura ciclovial, pero después del análisis cualitativo de ciclovías de este estudio, no se puede descartar que exista una relación entre la percepción de los usuarios y el estado de la infraestructura.

Efectividad de la red de ciclovías en generar uso de la bicicleta

Un aspecto importante de efectividad de la infraestructura ciclista consiste en analizar si la expansión de la red ciclovial ha tenido un efecto sustantivo en el uso de la bicicleta. Este aspecto de efectividad podría dar alguna indicación sobre la calidad de la infraestructura y su incidencia en atraer nuevos ciclistas. Como se mencionó previamente, para aumentar el uso de la bicicleta de forma significativa es necesario atraer a un grupo de personas que se denomina "interesados, pero preocupados" (Geller, 2010). Estos usuarios requieren infraestructura ciclovial segura y de buena calidad.

Para analizar y comparar la incidencia de la infraestructura ciclista de Lima en el uso de la bicicleta se realizó una comparación con pares regionales e internacionales. El uso de la bicicleta se toma como la participación modal de los viajes en bicicleta (sobre el total de viajes), y la extensión de la red ciclovial se ajusta considerando la población en cada ciudad. La Tabla 19 muestra una comparación de las ciudades analizadas con el mayor uso de bicicleta por cantidad de infraestructura ciclovial implementada. La figura muestra que Guadalajara, que tiene poca densidad de infraestructura ciclovial por población (16 km de ciclovías por millón de habitantes), es más efectiva que otras ciudades con larga tradición como Ámsterdam con una red ciclovial mucho más extensa (607,1 km por millón de habitantes). Sin embargo, Ámsterdam tiene un uso de bicicleta 15 veces mayor que el de Guadalajara.

Lima tiene el índice de efectividad más bajo de la muestra analizada. Este análisis no considera otras condiciones favorables de la capital peruana, como las condiciones topográficas (mayoritariamente plana) y climatológicas (muy escasas precipitaciones y sin temperaturas extremas) a lo largo del año, propicias para el potencial que tiene la ciudad de crecer mucho más la participación de viajes en bicicleta.

Tabla 19. Efectividad de la red de ciclovías en el uso de la bicicleta

Ciudad	Población (millones hab.)	Red de ciclovías (km)	Densidad (1/2)	Partición modal bici (%)	Efectividad (4/3)	Precipitación promedio (mm/año)
Guadalajara	4,5	72	16	2,2	13,8	941
Bogotá	8,2	532	65	6,6	10,1	866
Santiago	7,1	287	40,4	4	9,9	359
Sao Paulo	20,9	270	12,9	1	7,8	1.340
Ciudad de México	8,9	170	19,1	1,4	7,3	625
Amsterdam	0,8	513	607,1	33	5,4	805
Buenos Aires	2,9	202	69,9	3,5	5	1.040
Río de Janeiro	6,7	389	58,1	2,4	4,1	1.278
Copenhague	0,6	415	703,4	28	4	621
Rosario (Arg)	1	130	136,8	5,3	3,9	977
Lima	8,9	210	23,7	0,9	3,8	16

Es muy probable que 200 km extra de ciclovías con el actual estándar tenga un impacto modesto atrayendo nuevos viajes. 25 o 30 km de ciclovías con un buen estándar de calidad y diseño en ejes estratégicos puede resultar en un aumento significativo de viajes en bicicleta.

Este indicador muestra que la calidad, conectividad o continuidad y/o el mantenimiento de la infraestructura ciclovía en Lima (y Río de Janeiro) es probablemente inferior a la calidad y características de diseño de la red y de las especificaciones constructivas de las ciclovías de México, Santiago de Chile o Bogotá. A pesar de contar con más de 200 km de ciclovías, Lima no ha tenido la misma capacidad de aumentar el uso de la bicicleta. Por supuesto, estos números son solo un promedio. Hay algunas ciclovías de alta calidad en Lima y otras de mala calidad también en Ciudad de México, Santiago o Bogotá. Sin embargo, este indicador permite concluir que es muy probable que otros 200 km de ciclovías parecidos a los existentes no aumentará significativamente el uso de la bicicleta. Sin embargo, unos 25 km o 30 km de ciclovías de alto estándar de calidad y diseño en ejes estratégicos puede resultar en un aumento significativo del uso de la bicicleta.

Valoración cualitativa de calidad y estado de la infraestructura existente

Se realizó una valoración cualitativa de la mayoría de los tramos de infraestructura ciclovía existente en Lima Metropolitana. En el marco del presente estudio, se desarrollaron 173 fichas técnicas de cada tramo/vía con información sobre la infraestructura ciclovía, incluyendo una valoración cualitativa del estado de mantenimiento, de la calidad del diseño y una valoración agregada de calidad. Es importante aclarar que para el ejercicio de valoración cualitativa se desarrolló una clasificación que se describe a continuación. Sin

embargo, la elección de categorías se realizó a través de un proceso de evaluación cualitativa, con cierto grado de subjetividad a partir del criterio técnico del equipo de Banco Mundial¹. En las siguientes tablas se explican los conceptos asignados a cada categoría en los tres indicadores evaluados. El detalle de las fichas técnicas se presenta en el Anexo D.

Tabla 20. Categorías de indicador de estado de mantenimiento para ciclovías existentes

Categoría	Explicación de categorías del indicador de estado de mantenimiento (1-5)
1 = muy buena	No requiere mantenimiento. Es visible, reconocible y utilizable en el estado actual en secciones e intersecciones.
2 = buena	Requiere mantenimiento leve, como mejoras de la señalización horizontal. Todavía es visible, reconocible y utilizable en el estado actual en secciones e intersecciones.
3 = promedio	Requiere mantenimiento rutinario. Por ejemplo, con mejoras de pavimento o mejoras de la separación física y señalización horizontal y vertical. Está en un estado regular en secciones, pero casi desaparecida en intersecciones.
4 = mala	Requiere una rehabilitación. Hay tramos donde la ciclovía casi desaparece totalmente y la señalización es deficiente.
5 = muy mala	Requiere una reconstrucción. En muchos tramos la ciclovía desaparece totalmente.

El siguiente indicador es la calidad del diseño. Muchos casos de infraestructura ciclovial analizada tienen un diseño problemático por su ancho, falta de separación física adecuada, ubicación en la vía, conflictos con estacionamiento, detalles de diseño o intersecciones inseguras y/o mal diseñadas. El ancho de muchas ciclovías es insuficiente para garantizar un mínimo de comodidad y seguridad para los actuales y potenciales ciclistas. Si bien varios de estos diseños fueron realizados en diferentes momentos y por diferentes entidades o niveles de gobierno, cuando aún no existían normas o guías de diseño de infraestructura ciclovial segura, y que en su determinado contexto pudieron estar cumpliendo con las especificaciones del Reglamento Nacional de Construcción, el objetivo de esta valoración cualitativa subjetiva no es determinar el cumplimiento de estos estándares, sino más bien proponer una posible mejora de esta infraestructura a futuro en el marco de las propuestas de intervención de la infraestructura existente. Estas mejoras deberán estudiadas y diseñadas en el marco de adopción del Plan de Infraestructura acá propuesto y requerirán un análisis y diseño caso por caso. La Tabla 21 muestra cómo se clasificó el indicador de calidad de diseño de la infraestructura ciclovial.

¹ Aunque el equipo del Banco Mundial visitó y recorrió en bicicleta casi la totalidad de la red ciclovial de Lima en 2017, estas visitas de campo no buscaban hacer un levantamiento detallado de las condiciones de diseño y mantenimiento de la infraestructura ciclovial. La valoración cualitativa y subjetiva que se presenta acá se apoyó en una metodología de inspección visual remota por Google Streetview. El análisis acá presentado tiene entonces una limitación en la vigencia de las imágenes en Google Streetview, las cuales pueden tener hasta cinco años de antigüedad. Sin embargo, el análisis no deja de ser válido en términos de calidad de diseño de la infraestructura, la cual se pudo confirmar con los expertos locales que su mayoría no ha sido rediseñada o intervenida con cambios estructurales en sus características de diseño.

El tercer indicador es una combinación de los dos anteriores y cuenta con una escala de 1 a 3. Este es un indicador importante porque indica si la infraestructura existente es apta para ser incluida en la red ciclovía propuesta o si por el contrario se recomienda descartar su presencia y crear infraestructura nueva independiente de lo que existe actualmente (Tabla 22).

Tabla 21. Categorías de indicador de calidad de diseño para ciclovías existentes

Categoría	Explicación de categorías del indicador de estado de mantenimiento (1-5)
1 = muy buena	Muy buen diseño ciclo-inclusivo, de alta calidad y bajo estrés, según los criterios descritos en este documento. Por ejemplo, ciclovías unidireccionales con un ancho sobre 2,00 m y ciclovías bidireccionales con un ancho mínimo de 2,50 m con una separación suficientemente ancha y bien diseñada. Es seguro en intersecciones.
2 = buena	Buen diseño, pero no cumple adecuadamente con los requerimientos de diseño de infraestructura ciclovía de alta calidad propuestos en este documento. Es aceptable incluirla en la red. Por ejemplo, ciclovías bidireccionales con un ancho mayor a 2,20 m o ciclovías unidireccionales con ancho mayor a 1,80 m con una buena separación física y un diseño de intersección aceptable o bueno.
3 = promedio	Diseño aceptable para flujos bajos de ciclistas, pero de una calidad mínima. Requiere cambios significativos en secciones y/o intersecciones para incluirlo en la red propuesta con los estándares de diseño deseados.
4 = mala	Un diseño no aceptable. Se puede usar, pero no cumple con varios de los cinco requisitos. Tiene problemas de seguridad vial por un ancho subestándar de la ciclovía, uso de infraestructura bidireccional no apta o falta de separación física. Por ejemplo; ciclovías bidireccionales en calzada con separación mínima (tachas) en frente de estacionamiento con un ancho subestándar de 2,00 m.
5 = muy mala	Un diseño inaceptable. No cumple con los cinco requisitos. No ofrece el mínimo de seguridad vial necesario. Obliga al usuario a circular fuera de ella, aumentando el riesgo de siniestros. Por ejemplo, al pasar muy cerca de estacionamiento perpendicular.

Tabla 22. Categorías de indicador agregado (ranking) de calidad para ciclovías existentes

Categoría	Explicación de categorías del indicador de estado de mantenimiento (1-5)
1 = apta	La infraestructura es apta para uso. No tiene la calidad definida para la red ciclovía propuesta, pero es aceptable para la red definida y no requiere cambios significativos.
2 = mejorable	La infraestructura tiene buen potencial, pero necesita cambios significativos. Por ejemplo: Falta infraestructura/señalización en intersecciones, pero es funcional en secciones de vías; Ciclovías bien diseñadas, pero necesitan bastante mantenimiento. Por ejemplo, Av. Oscar Benavides; infraestructura demasiado estrecha, que se puede ampliar.
3 = no apta	No es apta debido a un mal diseño y/o falta de mantenimiento y se recomienda hacer un nuevo diseño. Por ejemplo: Infraestructura casi desaparecida, donde la pintura se ha desgastado casi en su totalidad; Ciclovías con un diseño deficiente o con ubicación problemática; Ciclovías estrechas. Por ejemplo, 1,00 m para unidireccional o 1,80 m para bidireccional que no se pueden ampliar, o en el caso de bidireccional no hace sentido convertirlas en unidireccional.

La Figura 22 muestra un ejemplo de una de las 173 fichas técnicas (Anexo D) con la valoración cualitativa de la infraestructura ciclovitaria existente. Las fichas completas incluyen dos o tres fotos para mostrar la infraestructura existente. En este caso, el estado de mantenimiento es promedio (3). Hay tramos buenos, pero en varias intersecciones ha desaparecido la mayoría de la pintura. La calidad de este diseño, sin embargo, es muy problemático (5). Es una ciclovía bidireccional en calzada con poca separación que casi es un ciclocarril: solamente algunos tachones separan a los ciclistas del tráfico motorizado. Para garantizar la seguridad vial, la infraestructura ciclovitaria bidireccional siempre debe ser diseñada con separación física que de buena protección a los ciclistas del tráfico motorizado. La falta de separación física representa un problema serio de seguridad vial que es percibido por los ciclistas actuales y potenciales como un alto nivel de estrés (NET). Sin embargo, la situación más problemática para la seguridad vial es el estacionamiento perpendicular. Con ciclistas circulando en dos direcciones, es casi imposible que los automovilistas vean a los ciclistas cuando salen del estacionamiento. Además, en ciertos lugares la falta de espacio para el estacionamiento hace que los autos bloquen parte del ciclocarril, resultando en un problema de comodidad, rutas directas y seguridad vial. Finalmente, el ancho de solamente 1,60 m resulta en una menor comodidad, pero sobre todo resultará en situaciones peligrosas si los ciclistas sobrepasan a otros ciclistas, una situación que se espera será siempre más común con el aumento del flujo de ciclistas.

44. Av. Trinidad Moran			
Distrito:	Lince	Tramo de Ciclovía	
Longitud:	1,40 km.	Desde:	Av. Arequipa
Ancho estimado:	1,80 m.	Hasta:	Av. Alberto Alexander
Tipo:	Bidireccional	Tipologías	
	Tipo de infraestructura:	Ciclovía en calzada	
	Tipo de segregación:	Pintura con tachones	
	Ancho estimado de segregación:	0,30 m.	
	Tipo de pavimentación:	Asfalto	
Evaluación			
	Estado de mantenimiento (1-5):	2	
	Calidad de diseño (1-5):	5	
	Ranking de calidad (1-3):	3	
Comentarios:	Ciclovía extremadamente estrecha. Es invadido por el estacionamiento perpendicular. Tiene señalización horizontal (doble línea central) en la vía que cree confusión y resulta en posibles conflictos y peligro.		
			

Figura 22. Ejemplo de ficha técnica con evaluación cualitativa de calidad

En la clasificación de diseño, las ciclovías parecidas al ejemplo anterior que cuentan con mayor ancho (mínimo de 2,00 m) y que no presentan invasión por estacionamiento, recibirían una clasificación de diseño de 4 (malo en vez de muy malo).

Una clasificación de calidad 3 significa que el ancho, la bidireccionalidad y la ubicación de la ciclovía con relación al estacionamiento son tan problemáticos que se requiere crear un diseño nuevo independiente de lo existente.

A partir del análisis de todas las fichas para identificar la calidad de diseño y el mantenimiento de la infraestructura ciclovía en Lima y Callao (Anexo D), la Figura 5.2.8 presenta los resultados agregados de la valoración, que se resume a continuación:

- Menos de la mitad (48%) de la infraestructura tiene un buen o muy buen estado de mantenimiento.
- El estado del 25% de la infraestructura es malo o muy malo.
- Solamente 5% de la infraestructura se clasifica con un diseño bueno o muy bueno.
- El diseño de más de dos tercios (70%) de la infraestructura se clasifica como malo o muy malo.
- En general, no se encontró evidencia de infraestructura ciclovía que cumpla con los requerimientos de infraestructura de alta calidad propuesta en este documento y que es necesaria para aumentar significativamente el uso de la bicicleta y la seguridad vial en Lima.

Calidad de la ciclo-infraestructura

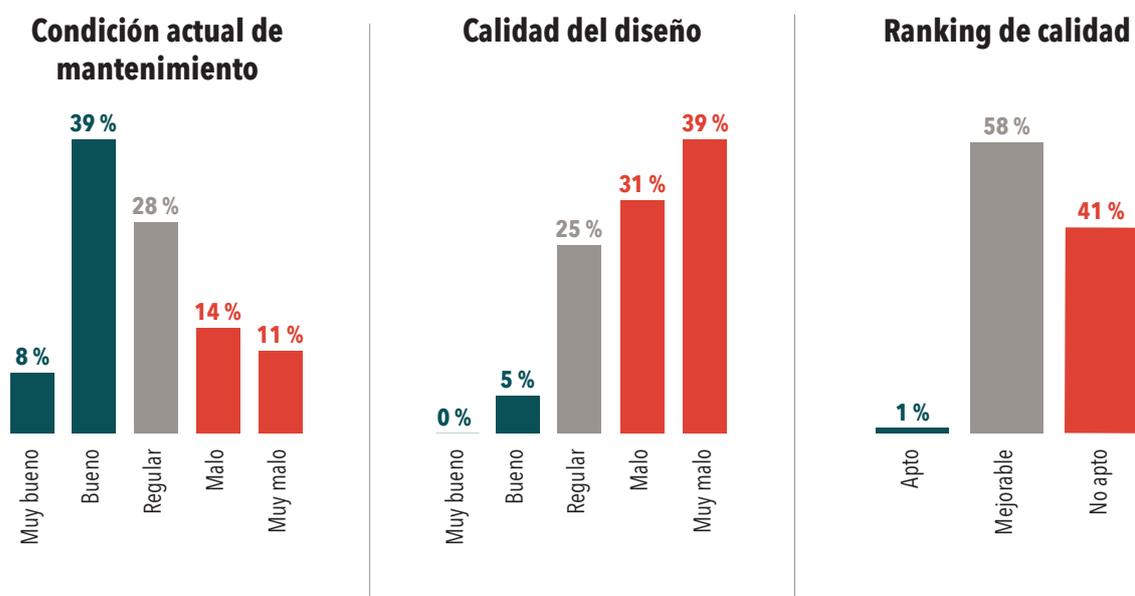


Figura 23. Estado de mantenimiento y calidad de diseño de la infraestructura ciclovía existente en Lima

Los datos de calidad del diseño y mantenimiento explican la baja calificación en el ranking de calidad; 40% de la infraestructura ciclovía no se considera apta o mejorable con el propósito de incluirla en la red ciclovía propuesta. Solamente 1% se puede incluir en la red sin requerir cambios significativos.

A pesar de sus limitaciones de valoración cualitativa y no exhaustiva, los datos presentados demuestran que la aplicación de mejoras de criterios de diseño ciclo-inclusivo y de bajo estrés es imprescindible para Lima. Además de las inversiones en infraestructura, el plan deberá ser acompañado de un programa de mantenimiento, rehabilitación y hasta de reconstrucción de algunas de las ciclovías existentes, y de lo nuevo que se esté construyendo, con la finalidad de darle sostenibilidad a la calidad de la red de ciclovías.

Ejemplos específicos de problemas de calidad de la infraestructura ciclovía existente

El desafío principal en la adopción e implementación de la propuesta de actualización del Plan de Infraestructura Ciclovía para Lima y Callao será la creación de infraestructura de alta calidad para mejorar la experiencia de movilidad de usuarios ciclistas existentes y atraer ciclistas nuevos potenciales de la categoría "interesados, pero preocupados" (Ver sección 3), con una reducción del riesgo de accidentalidad en el uso de la bicicleta. En esta sección se presentan algunos ejemplos de los principales problemas de calidad de infraestructura ciclovía que se encontraron en el análisis de este estudio.

Ciclocarriles bidireccionales (falta separación física)

Los Ciclocarriles bidireccionales son muy comunes en Lima. Son sencillos y económicos de implementar, pero su condición bidireccional obliga a contar con una separación física para garantizar un mínimo de seguridad.



Foto: Patricia Calderón Peña

Figura 24. Ciclocarril bidireccional

Las ciclovías segregadas pueden ser bidireccionales, pero los ciclocarriles siempre deben ser unidireccionales. La Figura 24 muestra lo que puede pasar cuando un auto invade o cruza el ciclocarril: un ciclista debe maniobrar entre un auto parado al lado izquierdo y otro moviéndose en contraflujo al lado derecho. Si hay ciclistas moviéndose en contraflujo, aumentan aún más el nivel de estrés para ciclistas en la dirección del tráfico. Este tipo de infraestructura genera posibilidades de muchos conflictos y no hacen parte de una red de infraestructura ciclovía de calidad y bajo estrés.

En el análisis también se encontraron casos de ciclovías bidireccionales separadas solamente con tachones y una doble línea (Figura 24). Esta aproximación de diseño es ligeramente mejor que la ciclovía bidireccional sólo con demarcación, pero una ciclovía de bajo estrés requiere un mayor ancho y tratamiento de separación.

Ciclocarriles en frente de estacionamiento perpendicular

Los automovilistas que salen de un estacionamiento perpendicular (en reversa) no tienen buena visibilidad cuando cruzan un ciclocarril. Por eso, siempre es preferible reducir el número de espacios de estacionamiento y reubicarlos de tal manera que en una configuración paralela a la calzada y cuando sea posible, utilizarlos como separación de la ciclovía y el flujo motorizado. La situación es significativamente peor con ciclocarriles bidireccionales en donde hay que evitar ciclistas en ambas direcciones (Figura 25).



Figura 25. Ciclocarril bidireccional en frente de estacionamiento perpendicular

Ciclovías con separación física estrecha y/o insuficiente

La ausencia de separaciones adecuadas en las ciclovías es muy común en Lima. En vías principales y con ciclovías bidireccionales, se recomienda una separación física de por lo menos 0,60 m (se recomienda 1,00 m para ciclovías bidireccionales). Ciclovías con separadores muy bajos y estrechos, como se muestra en la Figura 26, no son aptas para atraer nuevos usuarios, menos si se encuentran en vías anchas con velocidades efectivas superiores a 40 km/h.



Figura 26. Ciclovía con separador muy estrecho y bajo

Infraestructura ciclovitaria muy estrecha

Las ciclovías unidireccionales con un ancho de 1,50 m o menos; no permiten a un ciclista adelantar a otro, lo cual es un factor clave en la infraestructura ciclovitaria cómoda y de bajo estrés. Asimismo, se requiere planear la infraestructura para flujos mayores de ciclistas. Para poder adelantar con comodidad y seguridad vial se requiere un ancho mínimo de 2,00 m, idealmente de 2,3 m.

Muchas ciclovías bidireccionales en Lima también tienen un ancho muy limitado de 2,00 m o menos. Este ancho comprime el flujo ciclista y aumenta la probabilidad de conflictos y siniestros.



Figura 27. Ciclovía unidireccional muy estrecha. 90cm de ancho

Ciclovías en berma central con conflictos en intersecciones

En ciclovías en berma central un conflicto común es que los autos bloquean el cruce. Un problema de diseño se manifiesta en comportamiento no deseado. En una intersección, los autos que esperan el verde del semáforo en la sección de la calle que interrumpe la berma central, representan un conflicto para los ciclistas que tienen el verde para continuar derecho y para los que tienen que girar a un lado. (Figura 28).



Foto: Carlos Felipe Pardo

Figura 28. Ciclovía en berma central y conflictos en intersecciones

Desvíos innecesarios en intersecciones

Para evitar cambios en la circulación del tráfico motorizado, en algunos casos se propone desvíos para ciclistas, lo cual va en contra de los principios de ruta directa, comodidad y coherencia de infraestructura ciclovía de calidad.



Figura 29. Ciclovía central inaccesible

Problemas de accesibilidad de ciclovías (en berma central)

Un problema con ciclovías en berma central es la dificultad de acceso. Es peor o más complicado cuando se trata de ciclovías ubicadas a ambos lados del separador central con un separador muy estrecho (Figura 29). Con un separador ancho hay la posibilidad de generar una zona de espera para cruzar antes de entrar a la ciclovía. En algunos casos donde no exista un separador ancho, como el ilustrado, esto no resulta posible y por razones de coherencia (conectividad), rutas directas y seguridad vial es recomendable evitar este tipo de diseño de ciclovías.

Falta de separación física entre ciclovia y vereda

Un problema común en Lima son cicloaceras y ciclosendas que no son físicamente segregadas de la vereda peatonal (Figura 30). Peatones y ciclistas son usuarios muy distintos del espacio público con una velocidad de circulación distinta. Para evitar conflictos e invasiones de la infraestructura ciclovitaria y reducir aun más los espacios destinados a los peatones, quienes son los usuarios más vulnerables de la calle, siempre se recomienda un desnivel entre ciclovia (o cicloacera o ciclosenda) y la vereda.



Figura 30. *Ciclovia central inaccesible*

Criterios de diseño para la infraestructura ciclovitaria en secciones

Dimensiones de la infraestructura

En la sección 4 se introdujeron los criterios de intervención con diseño ciclo-inclusivo para perfiles tipo de vías con infraestructura ciclovitaria segura y de bajo estrés. Los primeros criterios y principios en esta lista son los que prescriben, siempre que sea posible, substituir carriles de tráfico motorizado por ciclovías (en vez de áreas peatonales o áreas verdes), lo cual además reduce el costo de intervención y permite generar infraestructura ancha con separadores anchos y seguros. Las dimensiones recomendadas para el diseño de sección de la infraestructura ciclovitaria en la red metropolitana se presentan en la Tabla 23.

Si bien en el Manual de Diseño Ciclo-Inclusivo de Lima se recomienda un mínimo de 1,60 m **para ciclovías sin sobrepaso** es importante considerar un aumento significativo en el uso de la bicicleta con la implementación de la red propuesta en este plan, por lo tanto, no se recomienda aplicar dicha dimensión, salvo en singularidades que se presenten en ciclovías de vías secundarias, donde se demuestre que no se esperan flujos significativos en los próximos 10 o 15 años, o donde no exista el espacio físico. Como norma general para las ciclovías unidireccionales se recomienda utilizar el valor recomendado del Manual de Diseño Ciclo-Inclusivo de Lima para ciclovías con sobrepaso.

Tabla 23. Ancho de infraestructura ciclovía recomendada en la red propuesta

	Ubicación	Ancho estándar recomendado	Ancho mínimo (no recomendado)
Ciclovía unidireccional	Lateral	2,10 – 2,40 m	2,00 m
Separador de la ciclovía unidireccional		0,70 – 1,00 m	0,50 m
Ciclovía bidireccional	Lateral/central	3,20 m	2,80 m
Separador de la ciclovía bidireccional	Lateral	1,00 m	0,60 m

Notas:

- Los anchos recomendados del separador son significativamente mayores a los que se aplican típicamente en Lima. Una buena separación física mejora la seguridad vial y reduce el estrés, aumenta la comodidad y facilita un acceso seguro de los ciclistas.
- Salir y entrar de ciclovías bidireccionales siempre es más difícil y peligroso, comparado con ciclovías unidireccionales. Por esta razón, aplicar un ancho suficiente del separador es aún más importante cuando se aplica a ciclovías bidireccionales.

Criterios de aplicación del tipo de infraestructura ciclovía

Una de las decisiones más importantes para el diseño de infraestructura ciclovía es definir dónde y cómo se aplica la infraestructura ciclovía. En esa sección se presenta un análisis para cinco posibilidades:

1. Ciclovías unidireccionales laterales al lado derecho (incluyendo ciclocerros laterales).
2. Ciclovías unidireccionales laterales al lado izquierdo.
3. Ciclovías bidireccionales laterales.
4. Ciclovías bidireccionales en berma central.

Para generar ciclovías de buena calidad es imprescindible hacer una selección consciente e informada entre estos tipos con sus impactos en seguridad, coherencia y comodidad. Hay dos decisiones claves: una entre configuración unidireccional o bidireccional, y la otra entre ubicación central o lateral. También hay posibilidades de considerar ciclovías en contraflujo o en el costado izquierdo, que por el momento no son consideradas en esta sección.

¿Unidireccional o bidireccional?

Las ciclovías unidireccionales que mueven en la dirección del tráfico, y las ubicadas en el costado derecho de la vía son las más seguras en intersecciones. En este caso los ciclistas se mueven en la dirección esperada y en intersecciones perpendiculares a los automovilistas no tienen que mirar en dos direcciones. Experiencia en los Países Bajos y Bélgica ha demostrado que el riesgo de accidentes en intersecciones con ciclovías bidireccionales es el doble del riesgo de accidentes con ciclovías unidireccionales (Figura 31). A partir de esta evidencia, las recomendaciones del presente estudio consideran que las ciclovías unidireccionales laterales en el costado derecho son el tipo de infraestructura preferido y que se debería de priorizar siempre que sea posible.

Factor de riesgo en intersecciones

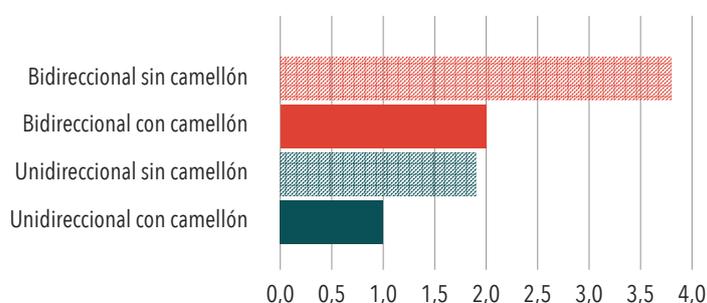


Figura 31. Ciclovías unidireccionales son dos veces más seguras que bidireccionales. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Schepers, et.al.

La figura también presenta evidencia que ciclovías con islas de protección (camellones) son dos veces más seguras que sin islas de protección. En este mismo contexto, ciclovías unidireccionales (en ambos costados) con camellones en intersecciones son cuatro veces más seguras que ciclovías bidireccionales sin islas de protección. A partir de esta evidencia, las recomendaciones del presente estudio consideran que en las ciclovías bidireccionales se recomienda siempre implementar islas de protección en intersecciones para reducir el riesgo adicional de este tipo de ciclovías.

En vías bidireccionales, las ciclovías unidireccionales casi siempre son preferibles ante ciclovías bidireccionales. La excepción son calles donde haya muy pocas vías laterales, accesos y no exista estacionamiento en los costados. Por lo tanto, se recomiendan ciclovías bidireccionales a lo largo del litoral en la costa, o a lo largo de infraestructura longitudinal como un río.

¿Central o lateral?

Otra decisión esencial es entre ciclovías laterales y centrales, para lo cual también se recomienda una selección consciente e informada entre estos tipos con sus implicaciones de seguridad, coherencia y comodidad. Las desventajas principales de ciclovías en berma central son:

- Es difícil mantener la continuidad y coherencia de la red en las secciones de la calle que no tengan berma.
- Los vecores de conexión con el resto de la vialidad son complejos, lo que resulta en que muchos usuarios prefieran no hacer uso de la ciclovía.
- Existe mayor riesgo en intersecciones principales.
- Es difícil acceder a ciclovías en bermas centrales, resultando en ciclistas que quedan en la calzada o hacen maniobras peligrosas para acceder a la ciclovía (Figura 32).
- Las principales ventajas de ciclovías en berma central son:
- Ofrecen una alternativa donde haya muchos accesos a predios comerciales con un gran riesgo de estacionamiento en la ciclovía; acá las ciclovías laterales pueden presentar desafíos del lado de la gestión de estacionamientos y fiscalización.
- Son atractivas y cómodas entre intersecciones cuando hay bermas verdes anchas (mayores a 14 m) y si hay espacio para generar zonas de espera en ambos lados de la ciclovía (Figura 32).

Solamente donde se pueda aplicar el diseño de la Figura 32, y donde existan muchos accesos problemáticos en las laterales, se recomienda aplicar ciclovías en berma central.

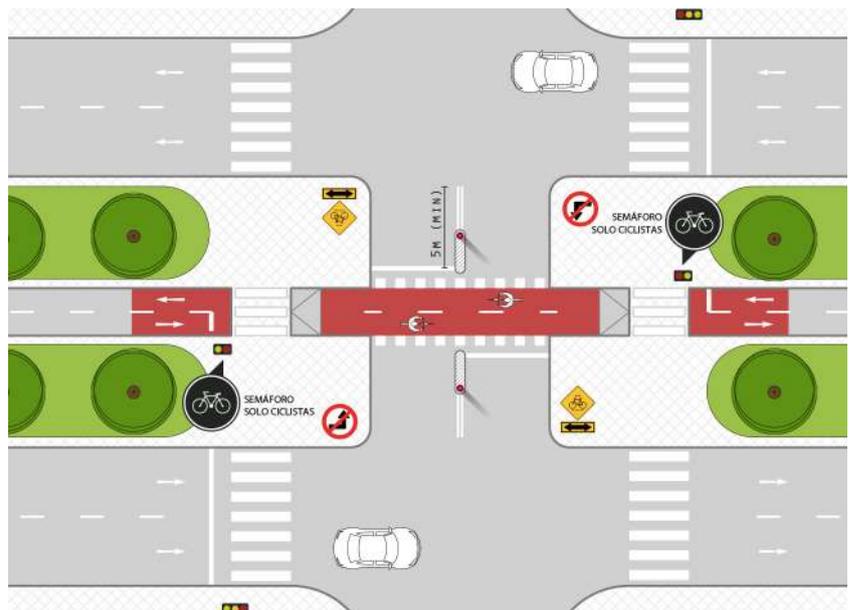


Figura 32. Aplicación correcta de ciclovía en berma central con espacio de espera mayor a 5,00 m (Manual de Diseño MML, 2017)

Tipos de separadores

Para la red ciclovitaria propuesta se recomienda adoptar separadores suficientemente anchos con sardineles y de material durable para dar la sensación de protección y comodidad, especialmente para el grupo de ciclistas "interesados, pero preocupados". Las ciclovías con separadores duros como sardineles (Figura 33) son ideales por su durabilidad y protección contra vehículos motorizados. Si el espacio de separación es suficientemente ancho se pueden instalar árboles (se recomienda un mínimo de 0,60 a 1,00 m). Cuando el diseño de la ciclovía no pueda usar el asfalto de la pista existente, una ciclovía elevada con un sardinel bajo, y separado de los peatones, puede resultar una alternativa atractiva y segura. Se recomienda esta solución cuando haya muchos accesos a predios en la vía. (Figura 34).

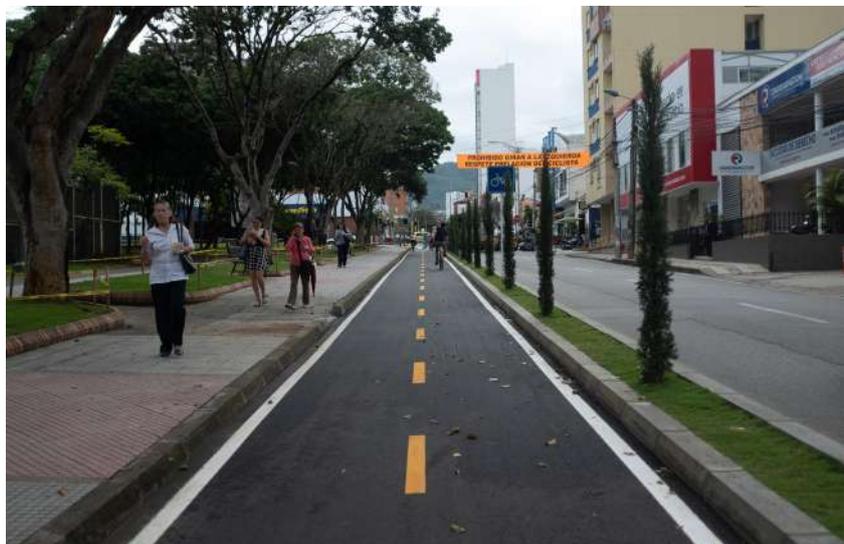


Figura 33. Ciclovía (2,50 m) con separador duro (0,80 m) en Bucaramanga (Colombia)



Figura 34. Ciclovía unidireccional elevada (2,10 m) con separador duro (1,00 m) en Copenhague, Dinamarca.

Un posible problema con los separadores duros y continuos es el desagüe de la vía. Para crear una opción de desagüe barato, se recomienda abrir espacios transversales al separador para canalizar el agua.

Los bolardos no tienen la misma percepción de seguridad y confort que un separador duro o verde con árboles, pero en separadores entre 0,60 y 0,80 m los bolardos son una opción de separación sólida que se puede aplicar (Figura. 5.3.7). En todo caso, se recomiendan bolardos de hormigón armado o acero, no de plástico por la falta de durabilidad.



Figura 35. Ciclovía con separador de bolardos de concreto. Sevilla, España.

Criterios de diseño para la infraestructura ciclovía en intersecciones

El presente documento no pretende replicar todas las opciones de un manual de diseño, pero en esta sección se presenta una muy breve reseña de los conceptos claves para que la infraestructura en las intersecciones sea de alta calidad y garantice la seguridad de los usuarios. La Figura 36 muestra el diseño que se puede adoptar en ciclovías con un separador estrecho. La principal desventaja de este diseño es que la cuadra de cruce entre los flujos de ciclistas (azul) no está protegido del tráfico motorizado (naranja). Este diseño es apto solo con flujos bajos de ciclistas, pero los conflictos se aumentan cuando se aumenta el flujo.

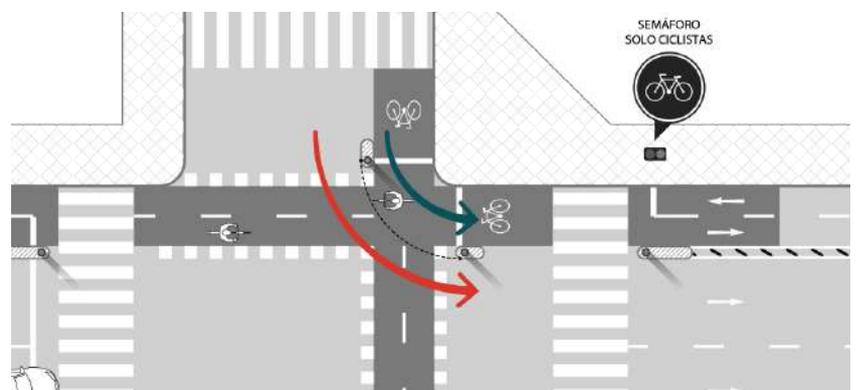


Figura 36. Diseño de intersección con ciclovías con separador estrecho (Manual de Diseño MML, 2017)

Una opción para mejorar la comodidad y la seguridad vial es substituir las ciclovías bidireccionales por unidireccionales. Otra opción, sobre todo en intersecciones principales, es la creación de islas de protección (Figuras 37 y 38).

Con estos diseños, los ciclistas no solamente tienen protección total cuando giran a la derecha, pero también pueden esperar y observar el tráfico, justo antes de cruzar, sin bloquear o tener que observar ciclistas que crucen en la dirección perpendicular.

Paradigma de diseño de intersecciones holandés

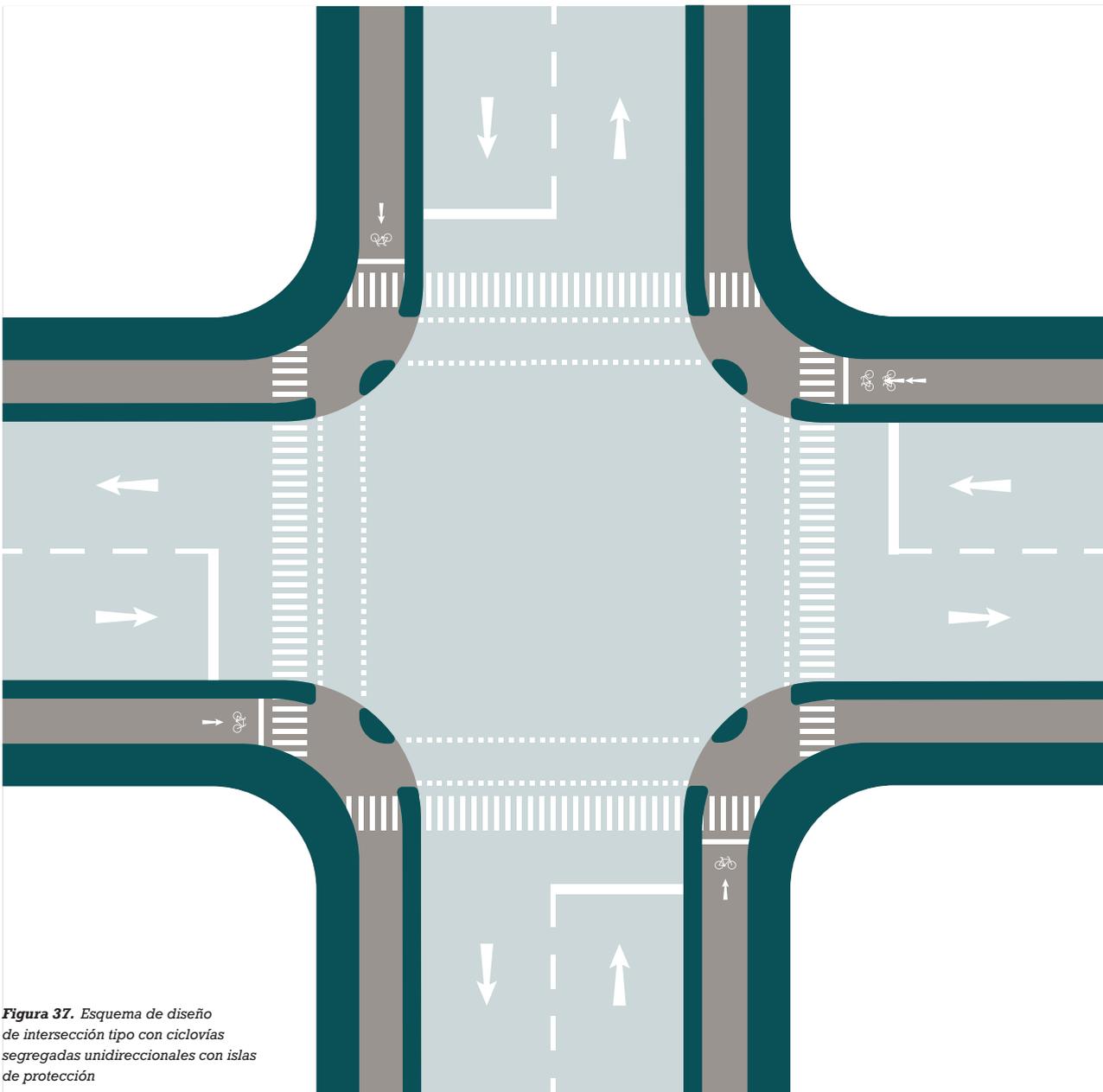


Figura 37. Esquema de diseño de intersección tipo con ciclovías segregadas unidireccionales con islas de protección



Figura 38. Esquema de diseño de intersección tipo con ciclovías segregadas unidireccionales con islas de protección



6. Escenarios de implementación de la red ciclovía

Escenarios de implementación para el largo plazo

La red ciclovía propuesta tiene una longitud de 1.383 km y representa una extensión de 1.172 km adicionales a la infraestructura ciclovía existente (210,8 km), lo que implica diferentes escenarios de implementación. Por supuesto, los 1.172 km adicionales no se podrán implementar en unos pocos años. Este es un proyecto metropolitano que tardará muchos años y varias administraciones gubernamentales para poderse implementar en su totalidad. Hay que recordar que entre 2006 y 2018, el promedio de infraestructura ciclovía implementada en Lima Metropolitana fue de 11 km por año.

A continuación, se proponen objetivos y metas ambiciosas para la implementación de la red ciclovía en Lima y Callao bajo dos escenarios con diferentes velocidades de implementación. El escenario 1 es un escenario optimista, y el escenario 2 es un escenario ambicioso. El escenario 1 asume una velocidad de ejecución de un promedio de 35 km de infraestructura ciclovía por año. En el escenario 2, habría que añadir cerca de 50 km de ciclovías por año. Ambos escenarios implican una mejora en la tasa de implementación de ciclovías de entre tres y cinco veces más que el promedio histórico reciente de 11 km por año, e inclusive más que el récord implementado en un año de 22,8 km en 2012.

Escenario 1: Optimista

- 2030: 600 km de infraestructura ciclovía implementada. Un aumento de 389 km o, desde 2021 (en 10 años), una extensión de 38,6 km por año.
- 2040: 1.000 km de infraestructura ciclovía implementada. Un aumento de 400 km, o desde 2031, 40 km por año.
- 2050: 1.384 km de infraestructura ciclovía implementada. Un aumento de 384 km, o desde 2041, 38,4 km por año.

El escenario 1 (optimista) requiere aumentar la rapidez de ejecución, con relación al promedio histórico reciente, en un factor entre 3 y 4. Con este plan de implementación, Lima tendría un 50% más de kilómetros de infraestructura ciclovía de los que Bogotá tiene actualmente, la ciudad en América Latina que tiene más infraestructura ciclovía. También equivaldría a un 50% más de kilómetros de la red de Copenhague, una ciudad donde más del 30% de los viajes en la ciudad se hace en bicicleta, 30 veces más que en Lima actualmente. La red de Copenhague ha sido implementada en los últimos 50 años.

Este escenario, aunque denominado optimista, podría ser considerado muy ambicioso. Tomando en cuenta que a la ciudad en América Latina que implementó más infraestructura ciclovía en un plazo corto, Bogotá, le tomó 17 años (1998 -2014) para implementar 363 km de ciclovías; esto es, 21,3 km por año. Sin embargo, 232 km de ciclovías bogotanas fueron implementados en tan solo tres años de la primera administración de Enrique Peñalosa (1998-2000); 77 km implementados por año. Eso fue posible por una combinación de liderazgo político y la implementación de proyectos relativamente fáciles en grandes partes periféricas de la ciudad cuyo desarrollo urbano todavía no estaba consolidado. La experiencia, sin embargo, invita al optimismo para las administraciones gubernamentales de Lima, y por eso este escenario es denominado optimista.

La lógica de implementación y su evolución estratégica es la siguiente: En la primera década hay que crear una estructura institucional, con gobernanza, capacidad técnica y de gestión de proyectos que pueda implementar una cantidad importante de infraestructura segura de alta calidad de diseño. Durante este periodo, y con un uso de la bicicleta todavía relativamente bajo, será más difícil avanzar cada proyecto que redistribuya y reasigne el espacio vial para incluir ciclovías. Por esto, en la primera década hasta 2030, se espera que se puedan implementar menos ciclovías que en la segunda y tercera década.

Escenario 2: Ambicioso

En el escenario 2 se implementa toda la red ciclovía propuesta en 20 años, a partir de 2021. No hay ejemplos en América Latina, como tampoco en el resto del mundo, de una implementación tan rápida de una red de una longitud tan extensa. El reto está planteado para que las administraciones gubernamentales de Lima lo evalúen y decidan adoptarlo, con las siguientes metas:

- 2030: 800 km de infraestructura ciclovía implementada. Un aumento de 589 km o, desde 2021, una extensión de 58,9 km por año.
- 2040: 1.383 km de infraestructura ciclovía implementada. Un aumento de 583 km, o desde 2031, 58,3 km por año.

Son objetivos ambiciosos, sobre todo tomando en cuenta que las recomendaciones de diseño propuestas requieren implementar una mejor calidad de infraestructura ciclovía con relación a lo que se ha implementado hasta ahora. Asimismo, es posible que la mayoría de los proyectos más fáciles de implementar en vías amplias y con espacio ya hayan sido realizados.

Propuesta preliminar de implementación para el mediano plazo

Se ha definido una propuesta preliminar de implementación para el mediano-largo plazo con el objetivo de conectar las ciclovías existentes. Esta red conecta las ciclovías existentes desde la parte norte de la av. Universitaria hasta Villa de Salvador en el Sur, y desde Callao en el Oeste hasta La Molina en el Este; crea una cobertura de Lima Centro y las partes vecinas a Lima Centro, Lima Norte, Lima Este, Lima Sur y Callao (Figura 39). La red tiene una malla (cuadrícula) aproximada de entre 500 y 1.000 m, lo cual es una buena densidad para una red principal urbana.

La Tabla 24 muestra que la red de mediano-largo plazo tiene una longitud de 481,7 km; incorpora los 178,4 km de infraestructura existente y agrega 303,2 km. Una parte significativa de esta red se desarrollaría en vías arteriales (39,8%) y otro 30,9% en vías colectoras.

Tabla 24. Red de infraestructura ciclovitaria propuesta (km) de mediano plazo por tipo de vía

Categoría de ciclovías	CLASIFICACIÓN VIAL SEGÚN ORDENANZA 341					
	Expresa Nac. / Reg.	Expresa Metrop.	Arterial	Colectora	Distrital	Total
Existentes	2,4	12,6	67,3	58,9	37,3	178,4
Proyectadas mediano plazo	10,3	18,2	124,4	90,0	60,3	303,3
TOTAL	12,7	30,8	191,7	148,9	97,6	481,7

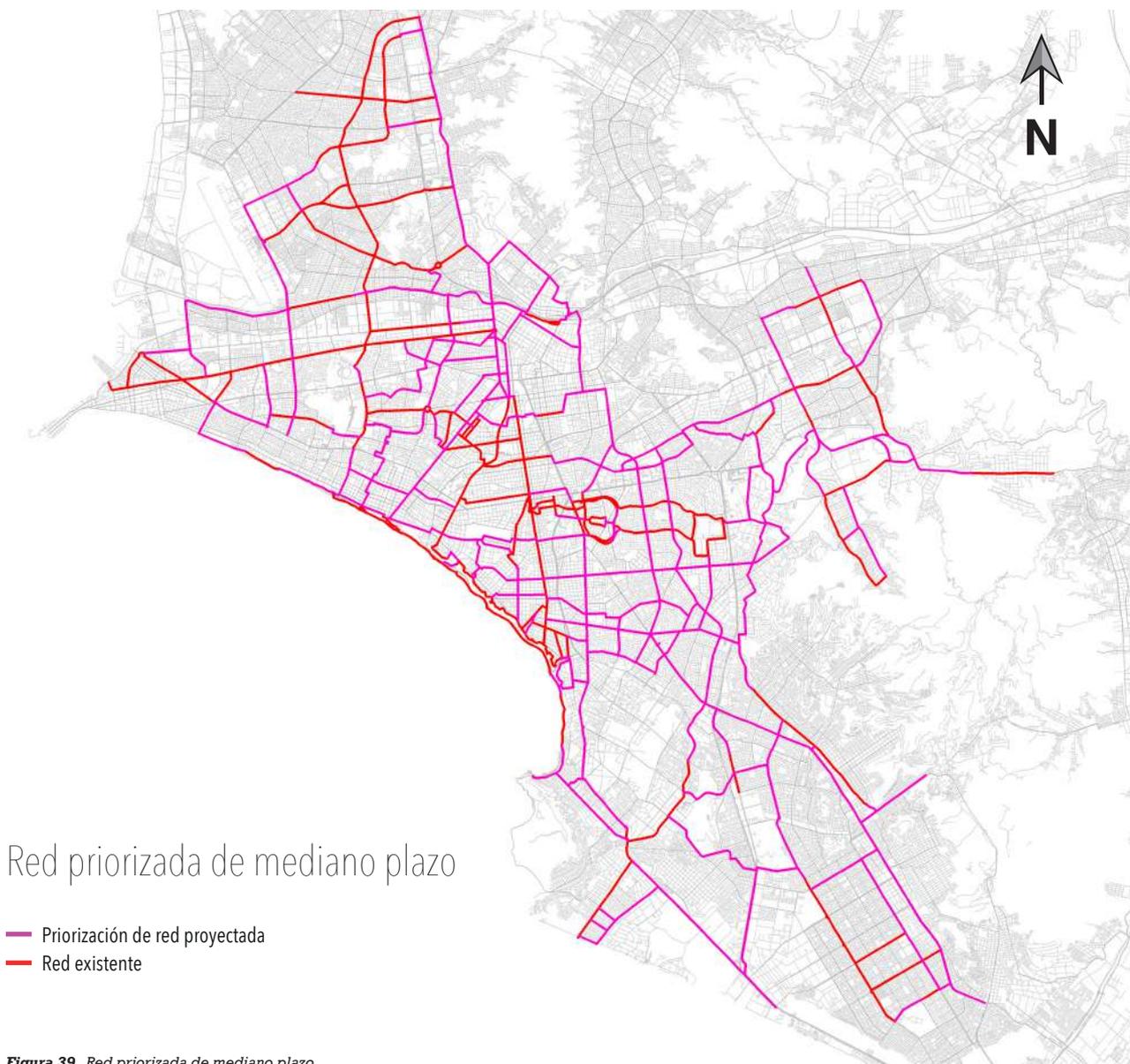
Bajo el escenario 1 tomaría cerca de una década para implementar esta red. La Figura 39 muestra la red de medio plazo con la infraestructura existente (rojo) y la infraestructura proyectada (rosa).

La Figura 40 muestra la red priorizada de mediano plazo (rojo y rosada) y los tramos de la red total no priorizadas existentes (azul) y no priorizadas para este plazo pero proyectadas en la red propuesta (naranja). Los tramos en azul corresponden a tramos de ciclovías existentes que no son esenciales para la red principal por su falta de conectividad o directividad (desvíos). También se evidencia que la red de mediano plazo se extiende mucho más hacia el norte, sur y este que la red total priorizada.

Una posible limitación de esta priorización de mediano plazo es que la red no llega a partes importantes periféricas, y de menores ingresos de la población, como San Juan de Lurigancho. El resultado obedece a que la red priorizada ha sido desarrollada tomando en cuenta la demanda potencial de viajes en bicicleta. Este potencial es mayor en Lima Centro, un área con la mayor cantidad de atractores de viajes. Crecer el uso de la bicicleta desde el centro tiene sentido en la estrategia general.

Al mismo tiempo se recomienda ver oportunidades en áreas más periféricas. Sobre todo, en áreas donde haya espacio para intervenir los perfiles viales y donde el uso del vehículo particular sea muy bajo. Acá, se podrían encontrar oportunidades para una implementación fácil de infraestructura ciclovía. Un reto en muchas de estas áreas es atraer suficientes ciclistas para poder evitar que las ciclovías sean invadidas por vendedores ambulantes, carros o motocicletas o mercancía de comercios.

Sin embargo, la red priorizada de mediano plazo es una propuesta preliminar que podrá ser revisada y ajustada por las autoridades locales. En los análisis posteriores, que adelanten las administraciones locales para refinar el diseño de red, se podrán recabar datos que actualmente no están disponibles sobre el uso actual y potencial de la bicicleta en zonas específicas de la ciudad.





Propuesta preliminar de implementación para el corto plazo (2020-2022)

Recomendaciones de implementación

El primer paso consiste en definir el alcance de implementación durante la actual administración de gobierno. Un aspecto esencial para entender lo que es factible realizar en este periodo, es la recomendación de mejorar de forma significativa la calidad de diseño de la infraestructura ciclovial. Para poder realizar este cambio en una ciudad donde muy poca de la infraestructura ciclovial ofrece continuidad, comodidad, y seguridad con estándares no suficientemente anchos, este puede ser un gran logro. La implementación idónea de esta etapa requiere inversiones de tiempo y recursos en el fortalecimiento institucional (capacitación técnica del personal y en la capacidad de gestión y administración de proyectos).

La creación de infraestructura ciclovial de alta calidad, por falta de espacio en muchos casos, deberá substituir espacio vial existente para el tráfico motorizado. Una de las principales consecuencias de estas decisiones tiene que ver con la resistencia que existirá ante la implementación de estos proyectos. Para mitigar el impacto de estas resistencias, se sugiere desarrollar estudios de tráfico y un proceso adecuado de consultas y participación ciudadana para crear condiciones favorables de apoyo para cada proyecto. Considerando el tiempo adicional necesario para desarrollar expedientes técnicos con diseños de alta calidad, se puede esperar que se requiera la mayoría de 2020 para capacitación técnica y diseño de las primeras ciclovías.

Se recomienda implementar, hasta 2022, lo que se proyecta implementar en dos años en la primera década en el escenario 1; es decir, un total de 60 km de infraestructura ciclovial nueva.

La red priorizada propuesta para ser implementada en el corto plazo incluye, además de infraestructura nueva, la mejora de las ciclovías que se están conectando, resultando en una red priorizada de 107 km.

Red priorizada de corto plazo

La red priorizada de corto plazo es una selección de la red priorizada de medio plazo y conecta las ciclovías existentes en los distritos con mayor uso de bicicleta como San Isidro y Miraflores, además que brinda conectividad a las ciclovías más usadas como la Av. Arequipa y Salaverry. Esta red tiene cobertura en los distritos con los principales atractores de viajes en la ciudad (empleo, universidades, comercios, etc.) como son: Lima Cercado, La Victoria, San Isidro y Miraflores. Además esta red ofrece:

- Una red con una malla de cerca de 1 km.
- Continuidad en muchos tramos que actualmente no existe.
- Rutas directas sin desvíos innecesarios.
- Rutas paralelas a ciclovías que hoy están sobre vías transitadas: Av. Brasil para la Av. Salaverry y Av. República de Panamá para la Av. Arequipa.

- Una ruta continua de infraestructura de buena calidad desde Barranco hasta el Rimac, pasando por el centro de Lima.
- Nuevas conexiones claves de Oeste a Este sobre Av. Canadá, Av. Pezet y Av. Alfredo Benavides.
- Rutas nuevas que conectan destinos importantes como la Universidad Nacional San Marcos y la Universidad Católica del Perú.

A continuación se muestra la red propuesta para el corto plazo.



Figura 41. Red de infraestructura ciclovitaria de corto plazo

La Figura 6.3.2 muestra que de los 60,7 km de infraestructura ciclovía nueva a implementar, 29 km (casi la mitad) son en vías arteriales y 30 km en vías colectoras y distritales.

Tabla 25. Red de infraestructura ciclovía propuesta (km) de corto plazo por tipo de vía

CLASIFICACIÓN VIAL SEGÚN ORDENANZA 341					
Tipología	Expresa Metropolitana	Arterial	Colectora	Distrital	Total
Ciclovías nuevas corto plazo	1,5	29,1	15,7	14,5	60,8
Ciclovías existentes que necesitan mejoras significativas	0,3	1,0	20,9	12,3	34,5
Ciclovías existentes que requieren mantenimiento o pequeñas mejoras		7,8	3,1	3,5	14,4
TOTAL	1,8	37,9	39,7	30,3	109,7

Estimación de costos de implementación de la red de corto plazo

Para estimar el costo de implementación de esta red de casi 110 km, incluyendo 60 km de ciclovías nuevas, se calculan las mejoras significativas de las ciclovías existentes en un 60% del costo de las ciclovías nuevas (ver sección 4). En muchos casos estos costos incluyen aplicación de asfalto nuevo que es una grande parte del costo total de implementar ciclovías nuevas. Para mantenimiento y pequeñas mejoras se estima un costo de 20% del costo de ciclovías nuevas. Posteriormente se multiplica el costo por kilómetro, por el tipo de infraestructura, y por el número de kilómetros de cada intervención mostrado en la Tabla 26 (por ejemplo, ciclovías con mejoras significativas en vías arteriales).

Usando los costos promedios calculados por tipo de vía en la sección 4.6, el costo total de la implementación de esta red de corto plazo está entre 62 y 120 millones de soles y entre 567.000 y 1.118.000 soles por kilómetro (Tabla 18 y 19).

Tabla 26. Costo de implementación de la red de infraestructura ciclovitaria de corto plazo por tipo de vía. Mínimo combinado. Montos en millones de PEN

Infraestructura	Costo de implementación - Mínimo combinado (Millones de PEN)							
	km	% costo nuevo	Expressa metrop.	Arterial	Colectora	Distrital	Total	por km
Ciclovías nuevas	60,20 km	100	PEN 1,22	PEN 28,37	PEN 14,40	PEN 2,83	PEN 46,82	PEN 0,78
Mejoras significativas	33,76 km	60	PEN 0,15	PEN 0,61	PEN 10,53	PEN 1,59	PEN 12,88	PEN 0,38
Mejoras pequeñas	13,95 km	20	PEN 0,00	PEN 1,56	PEN 0,56	PEN 0,12	PEN 2,24	PEN 0,16
Total	107,92 km		PEN 1	PEN 31	PEN 25	PEN 5	PEN 62	PEN 0,57

Tabla 27. Costo de implementación de la red de infraestructura ciclovial de corto plazo por tipo de vía. Máximo combinado. Montos en millones de PEN

Costo de implementación - Mínimo combinado (Millones de PEN)								
Infraestructura	km	% costo nuevo	Expressa metrop.	Arterial	Colectora	Distrital	Total	por km
Ciclovías nuevas	60,20 km	100	PEN 2,61	PEN 45,55	PEN 23,10	PEN 17,32	PEN 88,58	PEN 1,47
Mejoras significativas	33,76 km	60	PEN 0,33	PEN 0,97	PEN 16,89	PEN 9,73	PEN 27,93	PEN 0,83
Mejoras pequeñas	13,95 km	20	PEN 0,00	PEN 2,50	PEN 0,90	PEN 0,73	PEN 4,13	PEN 0,30
Total	107,92 km		PEN 2,94	PEN 49,02	PEN 40,89	PEN 27,78	PEN 120,63	PEN 1,12

Escenarios de implementación en los sectores periféricos

La implementación de la red en la primera etapa se focaliza en el sector central de la ciudad, donde se puede encontrar a los principales distritos atractores de viaje como son: Lima Cercado, La Victoria, San Isidro y Miraflores. Alrededor de estos distritos se tienen otros nueve distritos que alimentan el sector central.

Los escenarios de implementación en cada uno de los sectores tiene sus características particulares relacionadas a los diferentes proyectos prioritarios:

Sector Norte. La priorización de la red puede vincularse y complementarse con el proyecto de ampliación del Metropolitano que el Banco Mundial está financiando. Son 10,2 Km de ampliación del Metropolitano con 17 estaciones beneficiando a los distritos de Independencia, Los Olivos, Comas, Carabayllo y Puente Piedra. En este sentido la red de ciclovías debe priorizar la complementariedad de rutas hacia las estaciones y mejorar su conectividad.

Sector Este. La priorización de la red puede vincularse a la Línea 2 del Metro, atendiendo los distritos de San Luis, Santa Anita, Ate y La Molina con un total de 10 estaciones. La priorización de las ciclovías debería orientarse a la conectividad con las estaciones del tren.

Sector Sur. La priorización de la red puede vincularse a las estaciones de la Línea 1 del Metro, atendiendo los distritos de Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores y Villa el Salvador con un total de 7 estaciones.

Sector Oeste. La priorización de la red de ciclovías debe tomar en cuenta a la provincia del Callao con un total de 8 estaciones de la Línea 2 del Metro.

Sector Central. La propuesta de priorización se basa principalmente en atender los principales atractores de viajes como son los distritos de Lima Cercado, La Victoria, San Isidro y Miraflores. Nueve distritos se conglomeran alrededor de estos cuatro distritos, sumando un total de 13 distritos. De la red propuesta se ha priorizado una red que busca mejorar las ciclovías existentes y la construcción de nuevas ciclovías que cubren de manera longitudinal y transversal todo el sector central y los distritos atractores.

Infraestructura especial para superar barreras

Dentro del horizonte de crecimiento de la red propuesta a partir de los cinco sectores, el siguiente umbral a superar es la unión de las redes entre los sectores, lo cual puede requerir un esfuerzo especial en infraestructura especializada. Por ejemplo, se podría requerir la construcción de infraestructura ciclovial especial superando barreras como el Río Rimac, la Panamericana o las quebradas de acceso desde el malecón hasta la Costa Verde. Se ha realizado una evaluación e identificación de la red de ciclovías y la territorialidad de Lima, encontrando la necesidad de generar interconexiones a partir de infraestructura especial como puentes cicloviales. Este tipo de interconexión se requiere tanto en los cinco sectores, como en los restantes. En particular, se requiere infraestructura para facilitar o lograr un cruce seguro y conveniente:

- La av. Javier Prado requiere conectar ciclovías (existentes y propuestas) del Jirón de Los Jazmines y Av. Arequipa en el distrito de Lince para los ciclistas que circulan desde el centro así como las ciclovías de Av. República de Panamá para los ciclistas que vienen desde (y hacia) Barranco, Miraflores, Surquillo y San Isidro. En tal sentido se propone un puente ciclovial sobre el intercambio vial de las Av. Javier Prado con Av. Paseo de la República.
- Para lograr la interconexión con el sector Norte se considera necesario crear pasos para ciclistas sobre el Río Rimac en los siguientes puntos: Ciclovía Av. Universitaria, Av. Faucett, Jr. Riobamba y Puente del Ejercito.
- Para lograr la interconexión con el sector Este se considera necesario crear pasos para ciclistas sobre la Panamericana en los siguientes puntos: Trébol de Javier Prado (punto 3 en Figura 6.6.2), Av. Holguín, Av. El Derby, Av. Angamos-Av. Primavera, Av. Santiago de Surco - Av. Los Héroes y Av. Mateo Pumacahua.
- En cuanto a la continuidad de la ciclovía por el lado oeste sobre los malecones existen dos quebradas que requieren continuidad; la Bajada Marbella entre los distritos de San Isidro y Miraflores, proyecto que se encuentra en plena ejecución, y a la continuidad de la Bajada Armendáriz entre los distritos de Miraflores y Barranco.

La construcción de estos puentes para ciclistas y peatones, con altos niveles de accesibilidad mediante la implementación de pendientes adecuadas, generará una ampliación de la red ciclovial entre los diferentes sectores generando una mayor dinámica de movilidad. Estos proyectos se convertirán en hitos urbanos donde se manifieste la prioridad de la movilidad activa.

Sin embargo, es importante tener muy presente que los puentes requieren un esfuerzo adicional de los ciclistas. Por lo tanto se debe de priorizar la construcción de cruces a nivel para ciclistas y dejar los puentes para los casos donde estos signifiquen una opción más cómoda y segura o cuando haya barreras imposibles de librar.

La Figura 42 muestra los puntos para infraestructura especial para cruzar barreras en la red ciclovial de corto plazo.



Barreras urbanas dentro de la red ciclovitaria

Figura 42. Ubicación de puntos donde la red ciclovitaria cruza barreras importantes



Puntos de implementación de infraestructura dedicada para sortear barreras urbanas en la red de corto plazo

Figura 43. Ubicación de puntos donde la red ciclovitaria cruza barreras importantes

7. Integración de la red con el transporte público

Intermodalidad

Los sistemas de transporte masivo tienen el potencial de ser más exitosos en la medida que los usuarios puedan llegar y acceder a las estaciones de manera fácil, segura y cómoda. Esta necesidad de intermodalidad o integración con otros medios de transporte es generalmente subvalorada, o directamente invisible tanto en planificación del diseño urbano o en la provisión de infraestructura de integración. El diseño del espacio público es clave para asegurar un acceso directo, seguro y universal para usuarios de todas las edades y condiciones de discapacidad. Otros ejemplos de facilidades para integración intermodal pueden ser dársenas para la integración física de buses y taxis, o estacionamiento seguro para bicicletas.

Actualmente, una parte considerable del acceso al transporte público masivo (Metro y Metropolitano) se logra con la participación del mototaxi. Este viaje en muchos casos es complementado con un sobrecosto adicional entre S/. 1,50 y S/. 3,00 por trayecto de viaje corto, aumentando así significativamente el costo del viaje intermodal de puerta a puerta. A pesar de este costo, el mototaxi es popular debido a que los habitantes se han acostumbrado a utilizarlo y porque no existen otras opciones para atender estos viajes de acceso a los sistemas de transporte masivos. La Figura 44 da un ejemplo de mototaxi sirviendo de enlace de personas con la red de transporte público.



Figura 44. Servicio de mototaxi a combustión interna atendiendo la demanda de conectividad con la red de Transporte Público

La integración de los modos de movilidad activa o de micro movilidad, con medios más rápidos y eficaces que la caminata, como la bicicleta y el scooter, ayuda a flexibilizar las opciones de acceso a los sistemas de transporte público masivo y aumentan el área de captación de las estaciones de transporte masivo. Además, cuando substituyen viajes de acceso o egreso en mototaxi (o taxi), reducen significativamente el costo del viaje aumentando la competitividad del transporte masivo comparado con el transporte particular motorizado. Aunque la caminata es el modo natural de acceso al transporte masivo, y comúnmente se busca la reorganización de rutas de transporte público de menor capacidad para que sirvan de alimentadores a los sistemas masivos, la bicicleta suma mayor flexibilidad y cobertura de áreas de servicio.

El aumento del área de captación o la reducción del costo ayuda a reducir viajes en vehículos motorizados contaminantes que requieren mayor espacio por persona, especialmente aquellos viajes con un sólo un ocupante. Ambos, bicicleta o micro movilidad y transporte masivo (Metro y Metropolitano), pueden establecer una relación simbiótica, que contribuya a una mayor diversidad y alcance en las rutas y opciones de viaje, mayor eficiencia general del sistema y al mismo tiempo ayudar a disminuir el uso de vehículos motorizados. La combinación de ambos permite abrir el abanico y dar respuesta a una mayor cantidad de propósitos de viaje (ver la sección 5.4 de la propuesta para la formulación de la Estrategia de la Bicicleta para Lima).

Lima ya ha implementado iniciativas que apuntan en este sentido, por lo que las propuestas y recomendaciones que se presentan a continuación buscan llevar este esfuerzo a un siguiente nivel, incorporando mejoras específicas en:

- Proveer facilidades de intermodalidad: estacionamiento en estaciones de transporte masivo o transporte de bicicletas dentro de los vehículos de transporte masivo.
- Características de la infraestructura de los estacionamientos: protección del clima, tipo de estructuras de anclaje, iluminación y accesos.
- Estrategias operacionales y mantenimiento: acceso, seguridad, limpieza
- Servicios complementarios: servicios de mecánica y venta de repuestos

Figura 45. Servicio de mototaxi a combustión interna atendiendo la demanda de conectividad con la red de Transporte Público



Integración de la bicicleta al Metropolitano y Metro de Lima

Tipologías de integración



Figura 46. Estacionamiento de alta capacidad asociado a una estación de ferrocarriles en Amsterdam, Países Bajos.

Estacionamientos de bicicletas de alta capacidad en estaciones

Esta solución consiste en la implementación de espacios dentro de las estaciones o asociados a sus accesos principales, con estacionamientos de alta capacidad para bicicletas. Estos espacios brindan facilidad de acceso en bicicleta a la estación y las personas pueden guardar sus bicicletas con seguridad, idealmente en un sistema de custodia que no demande un costo extra al viaje de las personas, ya sea porque es gratuito porque su valor está integrado a la tarifa del transporte público. Como alternativa, o complementariamente, se puede implementar infraestructura básica de racks y estacionamientos para que los usuarios puedan asegurar sus bicicletas para estadías más cortas sin utilizar el servicio de custodia.

Transporte de bicicletas en los vehículos

En todo horario, o en horarios específicos, las personas pueden ingresar sus bicicletas a los vehículos del transporte masivo. Esto les permite, además de acceder al sistema, hacer el último segmento de su viaje también en bicicleta. La principal característica de esta estrategia es que brinda a los usuarios la posibilidad acceder al sistema de transporte y terminar el viaje en destino utilizando su bicicleta. Al requerir mayor espacio por pasajero dentro de los vehículos, y según los niveles de demanda de las diferentes rutas, se pueden aplicar ciertas restricciones horarias.



Figura 47. Bicicleta transportada en el bus mediante el uso de un rack. Washington DC.

Ubicación de los estacionamientos de alta capacidad de bicicletas

Una adecuada estrategia de intermodalidad del transporte público masivo y la bicicleta en Lima podría aumentar la captación potencial del sistema a más de las tres cuartas partes de la población metropolitana. Si se aumenta el área de captación del sistema de transporte masivo de 500 m (distancia que las personas generalmente están dispuestas a caminar para acceder a la red), a 3 km, (distancia que en bicicleta toma aproximadamente en el mismo tiempo que caminar 500 m), la cobertura del sistema total de transporte masivo en Lima pasaría de 14,1 % a 76,9 % en el área metropolitana. La Figura 7,3.1 muestra la población que reside a menos de 500 m de cada estación de Metro y Metropolitano.

A partir de esta estimación preliminar de aumento en la demanda de acceso a las estaciones, es posible identificar preliminarmente a las estaciones que requieren estacionamientos de bicicletas de alta capacidad. La Figura 48 muestra la población que podría acceder a las mismas estaciones de Metro y Metropolitano si se usa la bicicleta, aumentando el área de captación hasta

3 km. Se observa que el potencial de usuarios de cada estación aumenta de 10 – 35 mil hasta 119 – 555 mil. En una primera instancia se puede definir un criterio de hacer estacionamientos de alta capacidad en aquellas estaciones que concentran la mayor demanda (puntos de color naranja y rojo en la Figura 49), pero también se puede aplicar criterios que estén orientados a distribuir la demanda entre estaciones, permitiendo balancear de mejor manera la carga entre estaciones.

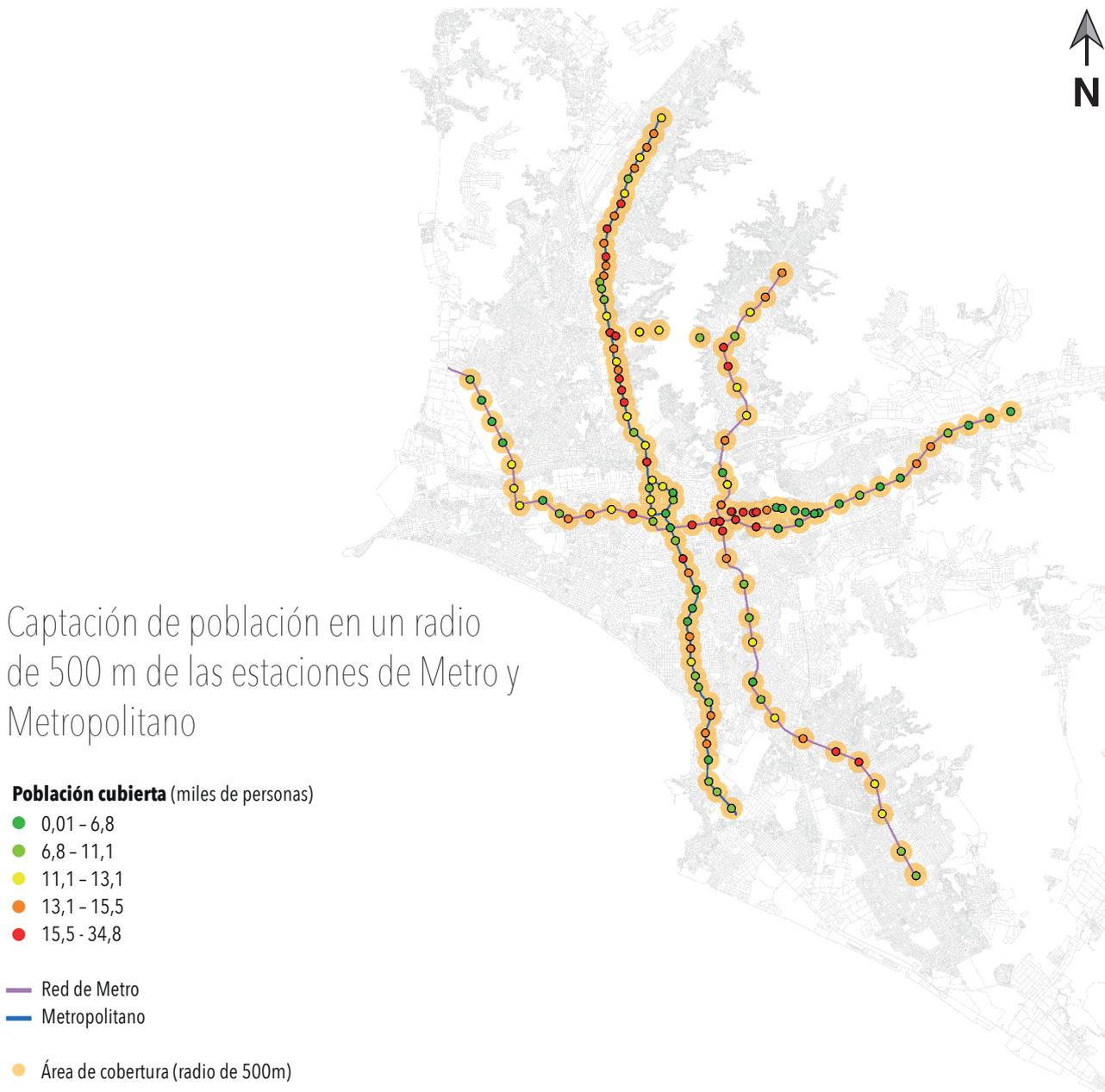


Figura 48. Población en área de captación de 500 m de las estaciones de Metro y Metropolitano

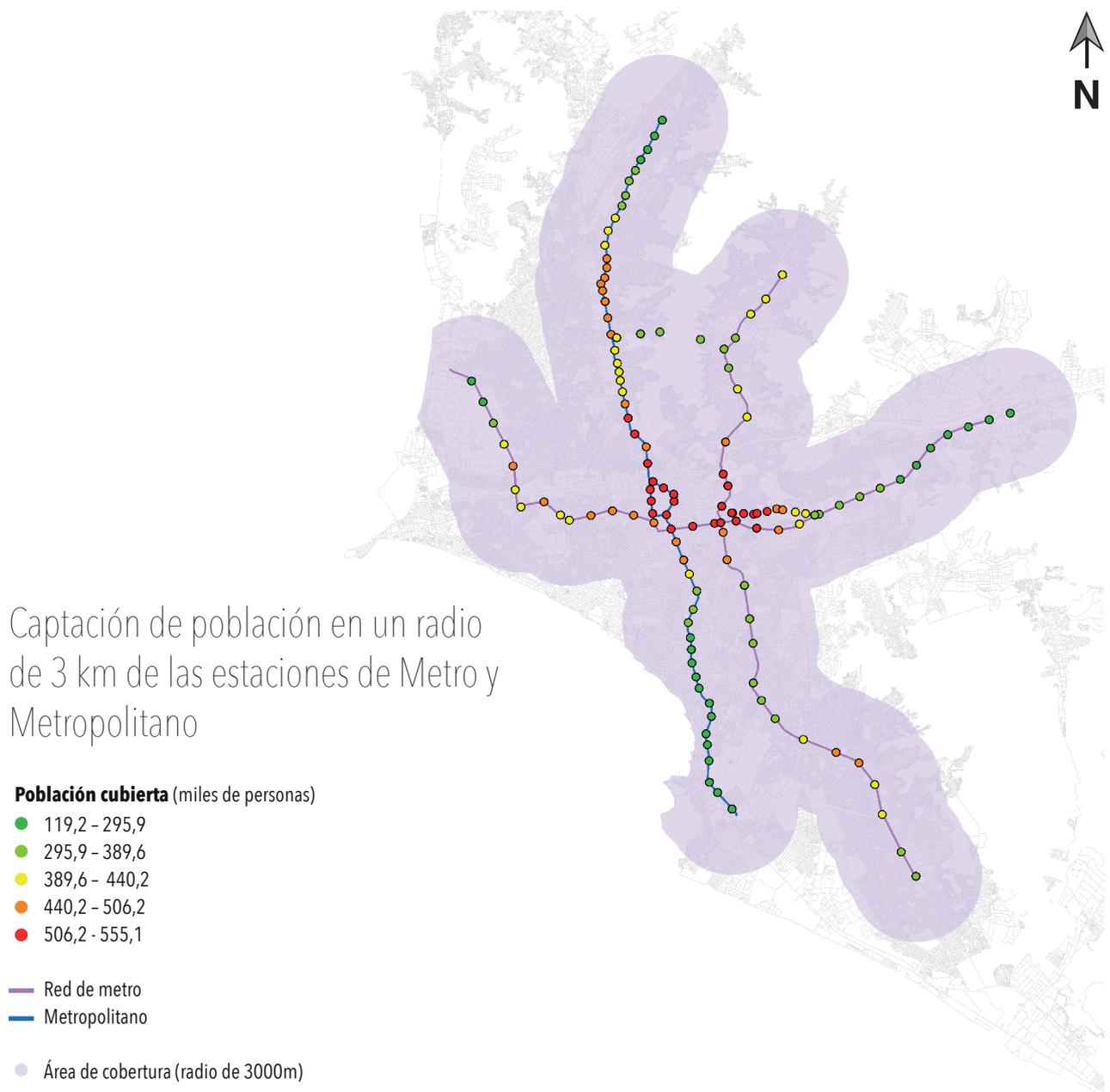


Figura 49. Población en área de captación de 3 km de radio a estaciones de Metro y Metropolitano

Otro criterio a considerar es la ubicación de la infraestructura ciclovitaria existente y propuesta, seleccionando las estaciones fuera de la mancomunidad centro que tienen el mayor potencial para viajes intermodales con bicicleta (Figura 50). Este análisis permite identificar las estaciones que tendrían el mayor potencial de implementación de estacionamientos de bicicletas de alta capacidad a partir de la población atendida y la conectividad con la infraestructura ciclovitaria existente y proyectada.

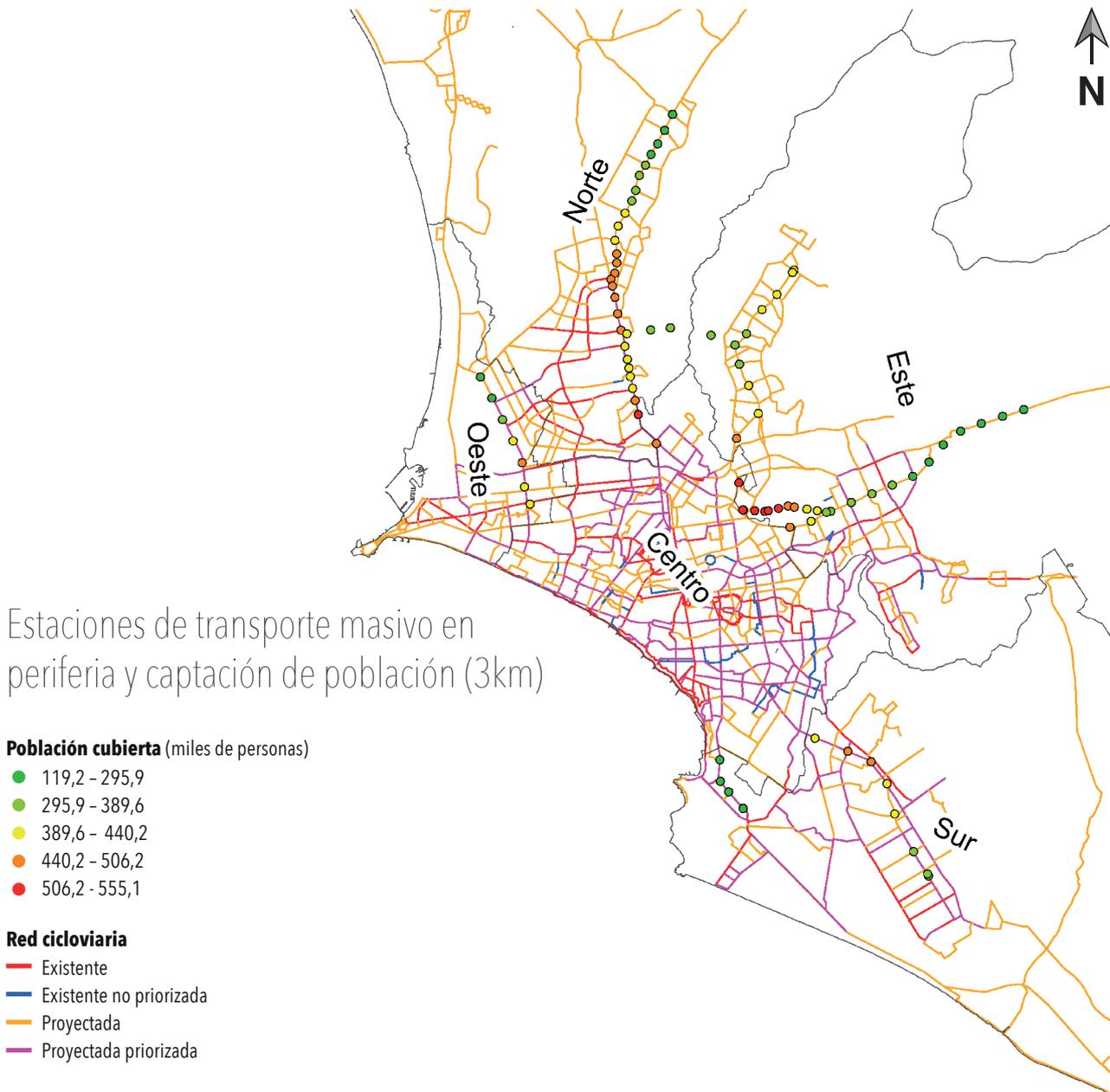


Figura 50. Estaciones de transporte masivo en periferia y captación de población

A partir de la conectividad con la red ciclovial y la demanda potencial de usuarios en un radio de 3 km, se identificaron las siguientes estaciones donde hay mayor potencial para la implementación de estacionamientos de bicicleta de alta capacidad, a que debe ser estimada en detalle con análisis de demanda específicos y detallados para cada estación:

Tabla 28. Metropolitano – extensión tramo Norte: Propuesta preliminar para estacionamientos de bicicleta de alta capacidad en estaciones

#	Servicio	Sector	Estación	Observaciones
1	Metropolitano	Norte	Naranjal	Existe estacionamiento con potencial de mejora en capacidad y seguridad
2	Metropolitano	Norte	Estación Universitaria	Atiende universidades
3	Metropolitano	Norte	Estación 22 de agosto	
4	Metropolitano o Metro	Norte	Estación Andrés Belaúnde	
5	Metropolitano o Metro	Norte	Estación final Chimpu Ocllo	

Tabla 29. Metropolitano – extensión tramo Sur: Propuesta preliminar para estacionamientos de bicicleta de alta capacidad en estaciones

#	Servicio	Sector	Estación	Observaciones
1	Metropolitano	Sur	Las Flores	Existe estacionamiento con potencial de mejora en capacidad y seguridad
2	Metropolitano	Sur	Matellini	Existe estacionamiento con potencial de mejora en capacidad y seguridad

Tabla 30. Metro Línea 1- tramo Norte: Propuesta preliminar para estacionamientos de bicicleta de alta capacidad en estaciones

#	Servicio	Sector	Estación	Observaciones
1	Metro Línea 1	Norte	Caja de agua	Atiende los distritos de El Agustino y Lima Cercado
2	Metro Línea 1	Norte	San Carlos	Con potencial para equilibrar demanda
3	Metro Línea 1	Norte	Bayóvar	Estación terminal
4	Metro Línea 1	Centro	Miguel Grau	Estación próxima al centro de Lima

Tabla 31. Metro Línea 1- tramo Sur: Propuesta preliminar para estacionamientos de bicicleta de alta capacidad en estaciones

#	Servicio	Sector	Estación	Observaciones
1	Metro Línea 1	Norte	Caja de agua	Atiende los distritos de El Agustino y Lima Cercado
2	Metro Línea 1	Norte	San Carlos	Equilibrar demanda
3	Metro Línea 1	Norte	Bayóvar	Estación final
4	Metro Línea 1	Centro	Miguel Grau	Estación próxima al centro de Lima

Tabla 32. Metro Línea 4 y Línea 2 (en construcción): Propuesta preliminar para estacionamientos de bicicleta de alta capacidad en estaciones

#	Servicio	Sector	Estación	Observaciones
1	Metro Línea 4	Oeste	Gambeta	Atiende los distritos de Callao
	Metro Línea 1	Norte	San Carlos	Equilibrar demanda
2	Metro Línea 4	Oeste	Aeropuerto	
3	Metro Línea 2/4	Oeste	Carmen de la Legua	Atiende a la provincia del Callao
4	Metro Línea 2	Centro	Tingo María	Atiende el distrito de Breña, Pueblo Libre, Jesús María
5	Metro Línea 2	Centro	28 de julio	Atiende el distrito de Lima cercado
6	Metro Línea 2	Este	San Juan de Dios	Atiende el distrito de San Luis
7	Metro Línea 2	Este	Municipalidad de Ate	Atiende a Lima Metropolitana

Características de la infraestructura de estacionamientos de bicicleta

Los estacionamientos de bicicleta deben brindar a los usuarios facilidad tanto en el acceso desde y hacia la red de infraestructura ciclovial como del estacionamiento a la estación y viceversa. Esto requiere acondicionar el entorno urbano, espacio público y las calles con infraestructura ciclovial segura, o con medidas de pacificación del tráfico e infraestructura que generen mayor seguridad a los usuarios. Estas intervenciones favorecen tanto a usuarios de la bicicleta como peatones y personas con discapacidad.

Es deseable que los usuarios puedan llegar pedaleando lo más cerca posible a la puerta de acceso del estacionamiento, y también que puedan pedalear dentro de la infraestructura hasta ubicar su punto de estacionamiento, cuando el tamaño del estacionamiento así lo permita. Los estacionamientos pueden estar integrados a la estación o estar ubicados fuera de ellas. Esto último puede ser lo más adecuado respecto a las estaciones existentes, pero para la nueva infraestructura se recomienda integrar los estacionamientos al diseño de la estación. Para cualquiera de los dos casos, los estacionamientos deben contar con acceso directo a la estación, lo que ayuda a hacer los recorridos más directos y simplifica los procesos, acceso, egreso y transbordo.

Contar con protección de los elementos del clima, y un perímetro cerrado, ayuda a generar mayor seguridad y protección tanto a las personas como a las bicicletas y la infraestructura asociada a la operación. Los racks para estacionamiento de bicicletas deben brindar la posibilidad que la bicicleta se asegure utilizando candados o bloqueos provistos por la misma operación del estacionamiento o que el usuario utilice su propio sistema, pudiendo ambos ser utilizados complementariamente. Se recomienda que los módulos de estacionamiento estén a nivel de suelo y no demanden a las personas poner la bicicleta en posición vertical, lo que permitiría dar mayor accesibilidad al sistema, mediante un diseño universal que permita a las personas estacionar su bicicleta independiente de sus capacidades físicas.

Los diseños de rack de U invertida son los recomendados ya que permiten que el usuario estabilice la bicicleta y pueda ejecutar las maniobras de anclaje, con una variedad de opciones para colocar candados. A continuación, se presentan opciones de distribución de los racks (Figura 51 y Figura 52).

Figura 51. Disposición de estacionamiento en fila única. Demanda 2 m² por bicicleta. Adaptado de Ministerio de Transporte de Colombia (2016)

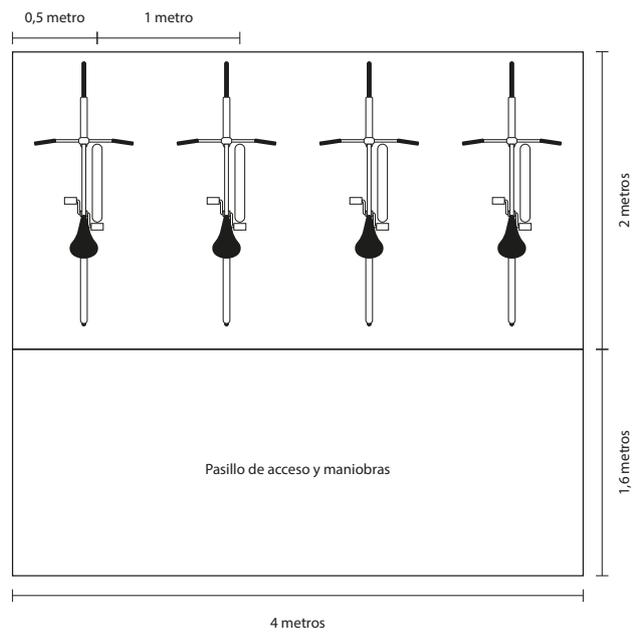
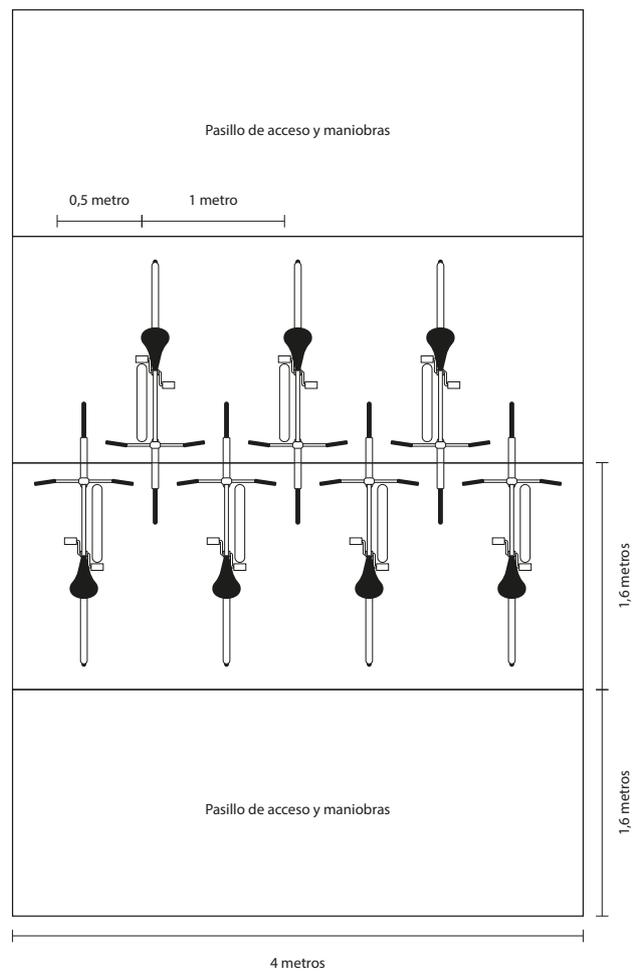


Figura 52. Disposición de doble fila con superposición de la rueda delantera. Demanda 1,82 m² por bicicleta. Adaptado de Ministerio de Transporte de Colombia (2016)



Para el diseño de ubicación de las bicicletas en fila única, un estacionamiento con capacidad de 100 bicicletas requeriría un área absoluta (sin considerar accesos y pasillos para maniobras) de 200 m². Para una disposición de doble fila con superposición de la rueda delantera, se requeriría un área de 182 m². Estas capacidades pueden ser duplicadas dependiendo del espacio disponible junto con el tipo de rack que se implemente.

A continuación, se presentan los tipos de racks mayormente utilizados para estacionamientos de bicicletas de alta capacidad.

Racks de U invertida

Son los más comunes. Permiten estabilización de la bicicleta y ofrece varios puntos de contacto con el marco de la bicicleta para anclar con un sistema de seguro, como un candado en U.



Figura 53. Estacionamiento de U invertida

Parrilla holandesa o tulipán

La parrilla holandesa permite reducir el espacio entre bicicletas al alternar las alturas del manubrio. Permite estabilizar la bicicleta y ofrece una o dos opciones para colocar el sistema de seguro.



Figura 54. Estacionamiento de alturas alternadas.

Fotografía: Caroline Helmkamp

Double Deckers

Permiten prácticamente duplicar la cantidad de bicicletas estacionadas en una superficie dada. Sin embargo, los módulos superiores requieren trabajo físico extra por parte del usuario.



Figura 55. Estacionamientos double deckers o de dos pisos

Tanto al exterior como al interior de la infraestructura del estacionamiento se debe contar con iluminación adecuada, para evitar zonas oscuras. Los usuarios deben sentirse seguros y cómodos en este espacio, el cual debe ser coherente con el estándar establecido para la infraestructura de la estación.

Estrategias operacionales y de mantenimiento

El proceso de estacionamiento debe ser lo más fácil y expedito posible, algo que no le demande al usuario un aumento significativo en el tiempo de viaje o anule los beneficios de haber llegado en bicicleta. Permitir que las personas puedan validar su ingreso (pago de la tarifa) al momento de entrar al estacionamiento ayuda a simplificar y agilizar el proceso.

La integración modal de la bicicleta y transporte público no debe generar costos monetarios extra a las personas, por lo que el acceso al servicio de estacionamiento debe ser gratuito para el usuario.

Los sistemas de control pueden estar cubiertos por personas o sistemas de control automático, mediante el uso de tecnología. Para ambos casos, la identificación de los usuarios y sus bicicletas, además del vínculo de propiedad, deben estar establecidos. El uso de tarjetas magnéticas, chips RFID, aplicaciones móviles en combinación con torniquetes y puertas automáticas, son algunas de las variadas soluciones tecnológicas que hay en el mercado. En caso que la operación de las estaciones esté a cargo de personas, se debe tener en cuenta los turnos de trabajo, las capacidades en la atención de personas, y las condiciones laborales en general. En todos los casos y en todo momento, el control de accesos debe ser simple y breve.

Los horarios de atención del servicio de estacionamiento deben al menos coincidir con el horario de funcionamiento del sistema de transporte masivo. Sin embargo sería ideal contar con horarios de servicio más amplios, para que las personas puedan concretar su transbordo antes y después del horario de funcionamiento del transporte público.

Dentro de la operación del estacionamiento se deben contemplar las labores de mantenimiento de la infraestructura, así como el aseo, reparaciones, seguridad (cámaras) y sistemas de información, entre otros. Estos costos generalmente se olvidan cuando se planifican este tipo de infraestructuras, por lo que deben ser contemplados desde el momento de la planificación, junto con los costos de construcción.

Servicios complementarios

Es posible enriquecer la experiencia de viaje de las personas ofreciendo servicios complementarios a los usuarios de los estacionamientos. Estos servicios pueden incluir:

- Lockers les permitan guardar elementos personales, como cascos, chaquetas, etc.
- Módulos de autoatención mecánica, con herramientas y bombines de aire para el ajuste de las llantas.
- Servicios de mecánica simple.
- Puntos de venta de alimentos, accesorios y partes, y piezas de bicicletas.
- Puntos de información de transporte y uso de la bicicleta (promoción).



8. Análisis costo-beneficio social de la red ciclovía propuesta

Introducción

En análisis de costo-beneficio social (SCBA, por sus siglas en inglés) es un método sistemático y coherente para medir los impactos causados por un proyecto de infraestructura u otra medida de política pública. Este análisis contempla tanto los efectos financieros (costos de inversión, beneficios directos como ingresos, impuestos y tasas), como los efectos sociales, entre los que destacan: contaminación del medio ambiente, seguridad vial, tiempos de viaje, salud e impactos indirectos en el mercado laboral o de vivienda, entre otros.

El principal objetivo del SCBA es ayudar a los tomadores de decisiones involucrados en proyectos de inversión y políticas públicas a tomar decisiones informadas y racionales al comparar de manera sistemática y coherente los costos y beneficios de las diferentes alternativas. Para garantizar la comparabilidad, los efectos se monetizan y se expresan en las mismas unidades. El precio de los efectos (costos y beneficios) refleja una estimación del valor que la sociedad le asigna a los efectos causados.

El equipo del Banco Mundial trabajó con la firma Decisio, construyendo sobre el largo trabajo que ya habían adelantado en Lima en la calibración de la metodología de SCBA para proyectos de movilidad activa en el contexto peruano. En particular, se adoptó esta metodología y se ajustó a la realidad limeña para realizar un análisis rápido del costo-beneficio social de la propuesta de actualización del Plan de Infraestructura Ciclovía para Lima y Callao.

El SCBA que acá se presenta es un punto de partida oportuno para la decisión trascendental de las autoridades locales sobre la adopción de la propuesta de actualización del Plan de Infraestructura Ciclovía para Lima y Callao. A continuación, se presenta una descripción de los insumos utilizados para el análisis SCBA, así como de todos los efectos considerados para la evaluación, y por último un resumen los resultados.

Insumos

Los resultados de este ejercicio forman parte de un análisis rápido de costo-beneficio social. Esto implica que fue realizado con algunos valores genéricos, con algunos supuestos y que no se realizó una investigación exhaustiva, por ejemplo, para medir los efectos en el ruido, la naturaleza, el entorno o la seguridad vial. El principal propósito de este SCBA es identificar qué efectos resultarán de la implementación de la propuesta de actualización del Plan de Infraestructura Ciclovial para Lima y Callao.

Para la metodología y cálculos se adoptaron las siguientes supuestos:

- Los efectos del tráfico se basan en las estimaciones realizadas por el equipo del Banco Mundial y Decisio utilizando datos estadísticos disponibles.
- Los indicadores de costos están basados en las estimaciones del equipo del Banco Mundial (Anexo C).
- El año de inicio de construcción es 2020 y la duración de las inversiones (periodo de construcción) es de 30 años (2020 - 2050), correspondiente al escenario 1 (optimista).
- La nueva infraestructura se construye en diferentes fases, por lo que, los efectos empiezan a ocurrir incrementalmente durante los periodos de construcción: 2022, 2030, 2040 y 2050. Los efectos de la red total se incluyen a partir del 2050.
- Los valores genéricos empleados en este SCBA toman como referencia los documentos "Handbook on the external costs of transportation of the European Commission (2019)¹" y "Valuation of the societal effects of cycling (Decisio, 2017)²". Los valores se adaptaron al Perú usando correcciones en las diferencias de precios, ingreso y características específicas de las externalidades tomadas de los datos e indicadores del Banco Mundial.

Valor Presente Neto (VPN)

Una de las complicaciones en la comparación de los costos y beneficios es la diferencia en el tiempo en el cual los efectos ocurren. Los costos de inversión se presentan al inicio del proyecto, mientras que los beneficios ocurren generalmente un tiempo después. Sin embargo, estos beneficios se verán reflejados después de años en el futuro. Para poder hacer un comparativo de todos los efectos, se ha calculado el valor presente neto, con lo cual los costos y beneficios futuros son calculados como si estos tuvieran valor hoy usando una tasa de descuento. Como resultado, el valor actual de todos los montos futuros se presenta en números que son fácilmente comparables.

1 European Commission (2019) Handbook on the external costs of transport

2 Decisio (2017) Valuation of the societal effect of cycling. SCBA Bicycle: state-of-the-art valuation key figures

Para la determinación del valor presente neto, el año base, el periodo de tiempo de los efectos, la tasa de descuento, y las diferentes fases del proyecto, se asumió lo siguiente:

- El valor presente neto (VPN) se calcula para el año 2020 cuando inicia el proceso de construcción.
- Los efectos se calculan para un periodo de 100 años desde el inicio de la construcción. Esto corresponde a un periodo "infinito" teórico, indicando que la red de infraestructura ciclovitaria es una inversión permanente.
- La tasa de descuento usada para los cálculos es 4% (Lopez, 2008)³.
- Los valores monetarios se presentan a precios del año 2018.
- Todos los costos y beneficios están expresados en precios de mercado (incluyendo IVA), a menos que se especifique lo contrario.

Efectos

A partir del trabajo realizado por el equipo del Banco Mundial y presentado en este documento (sección 3), se estimó un cambio modal de transporte hacia la bicicleta a partir de la implementación de una red de ciclovías más seguras y cómodas. Actualmente, un 0,9% de todos los viajes en Lima se hacen en bicicleta. Considerando la cobertura y la calidad de infra ciclista prevista en el escenario optimista, la estimación del equipo es que esta cifra se incrementa a 2% en 2022, 5% en 2030, 10% en 2040 y 15% cuando la red ciclovitaria esté completa en 2050.

Efectos financieros

- **Costos de construcción:** Los costos de construcción fueron determinados en la sección 4.6.
- **Costos de mantenimiento:** Los costos de mantenimiento se asumen como el 2% de la inversión, anualmente.

Efectos en accesibilidad

- **Incomodidades durante la construcción:** Los trabajos de construcción pueden generar molestias por tráfico cuando las vías estén cerradas temporalmente o sean menos accesibles. Teniendo en cuenta que la construcción tiene lugar en toda la ciudad y sobre un periodo largo de tiempo, se espera que las molestias se presenten de forma leve.
- **Tiempo de viaje:** Los ciclistas que usen la nueva red de infraestructura ciclovitaria tendrán ahorros en el tiempo de viaje, mientras que se

³ Lopez (2008) The Social Discount Rate: Estimates for nine Latin American Countries. World Bank Policy Research Working Paper

espera que los carros, taxis y buses tengan una pequeña reducción en la velocidad de circulación (i.e. pérdida en tiempo de viaje) debido a las reducciones en el espacio o capacidad de las vías para el tráfico motorizado.

- **Confiabilidad en el tiempo de viaje:** La confiabilidad en el tiempo de viaje para un ciclista mejorará cuando el tiempo de espera en las intersecciones se reduzca y los ciclistas estén en carriles segregados del resto del tráfico. Por otro lado, el menor espacio en la vía para vehículos motorizados significa menor capacidad de los carros, taxis y buses y un tiempo de viaje más volátil para estos.
- **Congestión:** La mayor parte de la congestión es causada por el tráfico motorizado dado que los ciclistas requieren menos espacio. Por lo tanto, cuando una parte de los viajes que actualmente se realizan en carro, taxi o bus se intercambien por viajes en bicicleta, habrá menos congestión en las vías. En una ciudad altamente congestionada como Lima, este factor toma mayor importancia. Este beneficio, como se muestra en la Tabla 33, sobrepasa ampliamente los costos monetizados de las velocidades menores de viaje como resultado de menor espacio vial que se mencionaron anteriormente.
- **Costos de viaje:** Movilizarse en bicicleta es más económico en términos monetarios que manejar un carro, viajar en taxi o andar en transporte público. Sin embargo, estos costos de viaje son internalizados en la elección de la bicicleta como modo de transporte y por lo tanto no son un efecto social.

Efectos en la salud

- **Efectos en la salud:** Existe una amplia cantidad de estudios que muestran que las personas que usan la bicicleta regularmente son física y mentalmente más saludables que los no lo hacen. Dado que más personas preferirán andar en bicicleta a manejar un vehículo motorizado, estos usuarios experimentarán mayor productividad en el trabajo, menos costos de atención médica, mayor expectativa de vida, y mayor calidad de vida en general. Sin embargo, para los peatones que empiezan a usar la bicicleta habrá una reducción en los tiempos de viaje y en tiempos de actividad física, por lo que los beneficios de salud pueden ser menores en ciertos casos.

Efectos en la seguridad vial

- **Seguridad vial objetiva:** La calidad de la nueva infraestructura ciclovial y una reducción en el nivel de tráfico motorizado en la vía resultará en un ambiente más seguro para los ciclistas. Adicionalmente, la evidencia empírica muestra que los conductores de vehículos motorizados tienen menor probabilidad de chocar con un ciclista o peatón cuando hay más personas en bicicleta o caminando (seguridad en números). Sin embargo, los ciclistas son más vulnerables en el tráfico y son más propensos a sufrir lesiones severas cuando un accidente ocurre. En general, se espera un efecto positivo en la seguridad.

- **Seguridad vial subjetiva:** No sentirse seguro en la vía puede causar que las personas se sientan incomodas al usar la bicicleta y que experimenten mayores niveles de estrés. Esto puede resultar en incomodidades como desvíos de las rutas más idóneas, lo que puede resultar en un reemplazo de la bicicleta como medio de transporte por el carro, taxi o bus. Una mejor infraestructura tendrá un efecto positivo en el sentimiento subjetivo de seguridad vial.

Efectos en la seguridad vial

- **Ruido:** Un descenso en el tráfico de vehículos motorizados conlleva a menos contaminación auditiva. En un área altamente poblada como Lima, los efectos son mayores que en las áreas rurales.
- **Cambio climático y contaminación del aire:** El tráfico y transporte están acompañados de emisiones de sustancias nocivas, como el material particulado, nitrógeno y óxido de sulfuro. Las emisiones de CO₂ contribuyen al cambio climático y el calentamiento global, mientras que el material particulado y las otras emisiones empeoran la calidad del aire y afectan la salud de la población. Cuando se recorren menos kilómetros en vehículos motorizados, debido al cambio modal, estas emisiones se reducen ya que se quema menos combustible.

Efectos indirectos

- **Costos operacionales:** El sistema de transporte público se ve afectado cuando los pasajeros substituyen viajes en bus, BRT o Metro por viajes en bicicleta. La magnitud de este efecto depende si se mantiene el programa de operación del transporte público. El bajo cambio modal desde el Metro y BRT significa que el sistema continuará operando en la misma forma. Los costos operacionales y los subsidios del gobierno se mantendrán en el mismo nivel, pero el ingreso por concepto de la venta de tiquetes se reducirá. Para los pasajeros, un tren menos lleno puede resultar en una mayor posibilidad de encontrar asientos libres y viajar confortablemente. Adicionalmente, las inversiones necesarias en el transporte público pueden ser postpuestas cuando los buses y trenes están menos ocupados. Por otro lado, la intermodalidad de la bicicleta y el transporte público resultará en una mayor demanda para el sistema de transporte público (sección 7). En la SCBA se incluyen los costos de menor uso por substitución, pero por el momento no se incluyeron beneficios por aumento de la demanda generado de las oportunidades de intermodalidad.
- **Impuestos y subsidios:** Debido a que se harán más viajes en bicicleta, se reducirán los kilómetros viajados en carro, taxi o bus. Con menos tráfico motorizado, habrá un efecto positivo en el ruido, la calidad del aire, la seguridad vial y los costos de los combustibles. Este último elemento tiene un efecto negativo en los ingresos del estado, dado que una parte del costo del combustible representan impuestos recaudados.

Efectos cualitativos

- **Confort:** Además de los ahorros en tiempos de viaje, los ciclistas experimentarán mayor confort en sus viajes.
- **Calidad del espacio público:** Una mejor conexión para ciclistas y peatones puede resultar en una mejora del espacio público. Por ejemplo, un incremento en el tráfico de bicicletas puede reducir el efecto barrera de las vías congestionadas por vehículos motorizados e incrementar la accesibilidad para peatones en general. Esto puede tener un efecto positivo en las interacciones sociales, aunque los incrementos en el valor de las propiedades puede causar gentrificación en ciertos barrios. Adicionalmente, las medidas que llevan a tener "más ojos en la calle" pueden reducir el riesgo de que se produzcan crímenes y por lo tanto mejorar, la seguridad ciudadana.
- **Igualdad:** El que los modos de transporte de bajo costo estén disponibles a gran escala y a mas personas sin importar su género, condición social o edad, permite una mayor participación de la población en actividades sociales, reducir la exclusión y crear capital social.
- **Economía local:** Cuando parte de los viajes en taxi son remplazados por viajes en bicicleta, menos taxis o mototaxis estarán circulando en las calles y eventualmente el mercado informal será menor. Se encontrarán otros trabajos posiblemente en el sector formal donde se pagan impuestos por ingresos, resultando en un mayor recaudo de impuestos para el estado. Teniendo en cuenta que los taxistas con menos utilidad son los más propensos a dejar el trabajo, esto puede resultar en un ingreso mayor de forma general. Adicionalmente, menos tráfico motorizado traerá menos consumo de combustible y productos importados. Esto ayuda en el ahorro de dinero en importaciones que puede ser gastado en inversiones locales. Esto, por ejemplo, puede resultar en el desarrollo de fábricas, tiendas y alquileres de bicicletas.

Resultados

El resultado final de análisis consiste en la suma total de los costos (considerando la construcción y mantenimiento) y los beneficios (todos los efectos monetizados, positivos y negativos) en valor presente neto como se muestra en la Tabla 33. Los principales beneficios son la reducción en la congestión y mejor seguridad vial. Los costos principales son la reducción del recaudo por impuestos en general y los impuestos especiales aplicados al combustible. El balance positivo muestra que los beneficios cuantificados son mucho mayores que los costos, mientras la relación de costo-beneficio muestra la magnitud de esta relación.

Una relación beneficio-costos de 19 indica que los beneficios son 19 veces tan altos como los costos. En otras palabras, invertir 1 Sol en este proyecto proveerá un retorno de 19 Soles. El balance positivo y la relación costo-beneficio por encima de 1 muestra que el proyecto es una muy buena inversión en términos de efectos económicos y sociales cuantificables. Una relación tan alta de beneficio-costos también muestra que una inversión adicional para generar infraestructura ciclovial de alta calidad y bajo estrés, además de tener un retorno social alto, incrementa nuevamente de uso de la bicicleta.

Tabla 33. Resultados (Valor Presente Neto, millones de Soles)

Efectos	VPN en millones
Efectos financieros	
Costo de construcción	- S/ 740.4
Costo de mantenimiento	- S/ 470.9
Efectos en accesibilidad	
Molestias durante la construcción	S/ 0,0
Tiempo de viaje	- S/ 7.808,9
Confiablez en el tiempo de viaje	- S/ 2.785,1
Congestión	S/ 26.167,6
Costos de viaje	S/ 0,0
Efectos en la salud	S/ 764,7
Seguridad vial	S/ 14.799,2
Efectos externos	
Ruido	S/ 614,5
Polución del aire	S/ 1.195,2
Cambio climático	S/ 1.108,8
Efectos indirectos	
Costos operacionales	- S/ 1.266,9
Impuestos y subsidios	- S/ 16.688,1
Efectos cualitativos	
Confort	+
Calidad del espacio público	+
Igualdad	+
Economía local	+
Resultados	
Costos totales	- S/ 1.211,3
Beneficios totales	S/ 22.978,0 +
Balance	S/ 21.766,7 +
Razón beneficio-costo	19,0

Se debe notar que los efectos evaluados cualitativamente, como confort para ciclistas y peatones y la seguridad vial subjetiva, no están incluidos en el resultado mostrado, pero son importantes y deberían ser considerados en la toma de decisiones. El SCBA es una herramienta para que los encargados de diseñar proyectos y políticas públicas tomen decisiones informadas.

