



WORLD  
RESOURCES  
INSTITUTE

WRI ROSS CENTER FOR  
SUSTAINABLE  
CITIES

# CIUDADES MÁS SEGURAS MEDIANTE EL DISEÑO

*Lineamientos y ejemplos para promover la seguridad vial mediante el diseño urbano y vial.*

VERSIÓN 1.0

 EMBARQ

WRIROSSCITIES.ORG



**BEN WELLE  
QINGNAN LIU  
WEI LI  
CLAUDIA ADRIAZOLA-  
STEIL  
ROBIN KING  
CLAUDIO SARMIENTO  
MARTA OBELHEIRO**

Este informe ha sido posible mediante la financiación de Bloomberg Philanthropies.

Diseño y diagramación:  
**Jen Lockard**  
jlockard@ariacreative.net

La traducción de esta guía al español fue un aporte de la Organización Panamericana de la Salud y Despacio.org (Natalia Lleras y Philip Verma).

# CONTENIDO

<b>1</b>	<b>Prefacio</b>	44	Pasos peatonales
<b>3</b>	<b>Resumen ejecutivo</b>	46	Medianas
<b>11</b>	<b>Seguridad vial</b>	47	Refugios peatonales
12	La seguridad vial en distintas ciudades del mundo	48	Semaforización
14	La seguridad vial afecta a casi todos los residentes de una ciudad	49	Equilibrio en el número de carriles
15	Cómo crear un sistema más seguro para todos: reducción de la exposición y el riesgo	<b>53</b>	<b>Espacios peatonales y acceso al espacio público</b>
18	Análisis de la seguridad vial en las ciudades	55	Aceras más seguras: aspectos fundamentales
18	Medición del desempeño	57	Calles compartidas
<b>21</b>	<b>Elementos clave del diseño urbano</b>	58	Calles y zonas peatonales
23	Tamaño de las cuadras	59	Lugares seguros para aprender y jugar
24	Conectividad	60	Ciclovías recreativas
25	Ancho de la calzada	61	Plazas en calzada
26	Acceso a destinos	<b>65</b>	<b>Infraestructura para bicicletas</b>
27	Densidad de la población	67	Redes para bicicletas
<b>29</b>	<b>Medidas de tránsito calmado</b>	68	Carriles para bicicletas
31	Reductores de velocidad	70	Senderos independientes
33	Reductores de velocidad tipo cojín	71	Calles compartidas
34	Chicanas	72	Seguridad vial en intersecciones
35	Estrechamientos de calzada	74	Seguridad vial en paradas de autobús
36	Extensiones de acera	75	Semáforos para bicicletas
37	Intersecciones y pasos elevados	<b>79</b>	<b>Acceso seguro a estaciones y paradas de transporte masivo</b>
38	Mini-glorietas	82	Intersecciones en corredores de autobuses
39	Glorietas	83	Pasos peatonales a mitad de cuadra
<b>41</b>	<b>Vías arteriales e intersecciones</b>	84	Estaciones en carriles de autobuses y BRT
43	Vías arteriales	85	Terminales y transbordos
		<b>89</b>	<b>Conclusión</b>
		<b>92</b>	<b>Referencias</b>



# PREFACIO

A nivel mundial, 1,24 millones de personas mueren cada año en siniestros de tránsito. Se espera que esta cifra aumente a medida que crecen las flotas vehiculares en el mundo para convertirse en la quinta causa de muerte en 2030. La mayoría de estas muertes ocurren en áreas urbanas y sus alrededores afectando de manera desproporcionada a los usuarios vulnerables de la vía tales como los peatones y los ciclistas. El porcentaje de la población mundial que vive en las ciudades también va en aumento, de 50 por ciento en 2007 al 70 por ciento en 2030, por lo que es de vital importancia para las ciudades abordar la necesidad de calles más seguras. Las colisiones de tránsito también imponen una carga económica. En algunos países, como la India, el costo económico de las colisiones equivale al 3 por ciento del Producto Interno Bruto.

Para solucionar este problema tan alarmante, Naciones Unidas ha declarado una Década de Acción para abordar los retos de la seguridad vial a nivel mundial, en particular mediante la movilidad urbana y un diseño vial más seguro. Dado que las ciudades a nivel mundial buscan reducir el riesgo de muerte y lesiones de tránsito, es necesario disponer de soluciones concretas y comprobadas que mejoren la seguridad y desarrollen ciudades habitables, eficientes y productivas. Sin embargo, no existe ninguna guía internacional que documente de manera correcta el conocimiento y mejores prácticas mundiales sobre la creación de ciudades más seguras.

*Ciudades más seguras mediante el diseño* recopila esta información en un solo recurso y aborda temas como un diseño urbano que mejore la facilidad para caminar, la reducción de velocidades vehiculares, las cuales constituyen un peligro para todos los usuarios de la vía, los espacios de alta calidad

para los peatones y ciclistas, y un mejor acceso al transporte masivo. En el WRI Ross Centro para Ciudades Sostenibles encontramos que el hacer los desplazamientos urbanos más seguros no solo se trata de salud, sino también de calidad de vida y de la creación de ciudades sostenibles, competitivas, equitativas e inteligentes. Al proporcionar infraestructura segura y conveniente se brindan oportunidades a todas las personas, esto promueve el caminar y andar en bicicleta, lo cual reduce las emisiones, ofreciendo modos de transporte sanos y activos. Al mismo tiempo, el transporte masivo puede llegar a más personas ayudando a reducir las emisiones de vehículos que contribuyen al calentamiento global y la contaminación atmosférica, mientras se disminuyen los tiempos de viaje. Estas soluciones diseñadas para la gente también benefician al planeta y al desarrollo económico.

Alentamos a los planificadores y los tomadores de decisiones a utilizar esta guía y cambiar la forma en que se diseñan y se planifican calles y ciudades. Nuestro enfoque en el WRI Ross Centro para Ciudades Sustentables es “Contarlo, Cambiarlo, Ampliarlo”. Las ciudades pueden emplear las prácticas descritas en esta guía en conjunto con información sobre el contexto local, para producir un cambio concreto, y luego ampliar estas soluciones para mejorar la seguridad vial y la calidad de vida.

Las ciudades más seguras mediante el diseño salvan vidas y ayudan a crear un ambiente urbano en el que todos pueden prosperar.



**Andrew Steer**  
Presidente  
Instituto de Recursos Mundiales (WRI)



Radisson

五洲大藥房

東方商厦

上海市第一百貨商店

白交

亨達利鐘表

茂昌眼鏡公司  
OPTICAL

世茂國際廣場

# RESUMEN EJECUTIVO

Muchas ciudades del mundo pueden convertirse en lugares más seguros y sanos si se cambia el diseño de sus calles y barrios.

Los lugares donde se han diseñado vías para facilitar, principal o exclusivamente, el tránsito de vehículos motorizados particulares, pueden transformarse en lugares significativamente más seguros para todos los usuarios. Para realizar este cambio, es necesario rediseñar las vías con el fin de atender de manera eficaz las necesidades de los peatones, ciclistas, usuarios del transporte público y quienes realizan otras actividades públicas.

Esto no sucede en muchas ciudades del mundo. Cada año se registran 1,24 millones de muertes por siniestros del tránsito y más del 90% de ellos ocurren en los países de ingresos bajos y medios (WHO 2013). Actualmente se calcula que las colisiones de tránsito ocupan la octava posición entre las principales causas de muerte en el mundo; si se mantienen las tendencias actuales, pasarán a la quinta posición para 2030. La mayoría de víctimas son usuarios vulnerables de la vía—peatones y ciclistas de países en desarrollo—generalmente atropellados por vehículos motorizados (WHO 2009).

Estas muertes pueden constituir una carga muy pesada para el desarrollo económico: representan el 3% del Producto Interno Bruto (PIB) en India e Indonesia, el 1,7% en México, el 1,2% en Brasil y el 1,1% en Turquía (WHO 2013). Casi la mitad de las muertes por siniestros de tránsito ocurre en las ciudades; un porcentaje aún mayor de las lesiones de tránsito graves ocurre en áreas urbanas y normalmente involucra a usuarios vulnerables de la vía (Dimitriou y Gakenheimer 2012; European Commission 2013).

Este problema de salud pública mundial es impulsado por grandes factores subyacentes. En todo el mundo, y especialmente en lugares como Brasil, India, México, Turquía, China y otras economías emergentes, la compra de automóviles particulares y motocicletas crece a un ritmo acelerado. Ya existen más de mil millones de automóviles en el mundo y se prevé que para el año 2050 esta cifra alcance los 2.500 millones (Sousanis 2011). El porcentaje de la población mundial que vive en las ciudades aumentará de un 50% en el 2007 al 70% en el 2030 (UNICEF 2012). Además, se prevé que entre los años 2000 y 2020 la extensión de las superficies urbanas se duplique (Angel 2012). Existe una enorme demanda de viviendas nuevas y ampliación urbana con redes de vías y espacios públicos que conecten todo, la cual es impulsada por el crecimiento sustancial de la población y la economía.

Una respuesta común a estos problemas consiste en construir vías y diseñar comunidades en función de los automóviles. Sin embargo, esto apenas representa una solución a corto plazo que permite aliviar la congestión o mejorar solamente la seguridad de los conductores. Con el tiempo, respuesta estimula un mayor uso del automóvil, incrementa la necesidad de construir vías y en general causa más muertes por siniestros de tránsito (Leather et al. 2011).

Existe una alternativa. Las ciudades pueden diseñar vías y construir zonas más seguras y el hacerlo no solo implica levantar comunidades nuevas, sino también transformar barrios y vías existentes. Si se analizan las vías como una red integral y se toma en consideración la jerarquía de sus usuarios, es posible encontrar oportunidades no solo alrededor de los corredores clave de transporte público, sino también en las calles residenciales de la zona. Este enfoque hacia la seguridad vial —llamado Sistema Seguro— establece objetivos y trabaja con el fin de cambiar el entorno vial para reducir el número de muertes y lesiones (Bliss y Breen 2009).

A través de su iniciativa EMBARQ, el WRI Ross Centro para Ciudades Sostenibles, elaboró esta guía con el propósito de difundir ejemplos reales y técnicas basadas en evidencia que mejoran la seguridad vial a través del diseño de barrios y vías; haciendo hincapié en peatones, ciclistas y en el transporte masivo, los cuales reducen las velocidades y el uso innecesario del automóvil.

El capítulo 2 de esta guía muestra el panorama general de la seguridad vial en las ciudades, los diferentes grupos que se ven afectados por la inseguridad y lo que implica el hacer “Ciudades más seguras mediante el diseño”, urbano y vial, el cual mejora la seguridad de todos los usuarios de la vía.

En el resto de la guía—del capítulo 3 al 8—se describen las diferentes medidas y elementos que conforman los principios clave del diseño para promover la seguridad. Estos principios están compuestos por los temas descritos a continuación que pueden ser observados en diversas ciudades del mundo como ejemplos positivos.



## PRINCIPIOS



Beijing (China)

### **Diseño urbano que reduzca la necesidad de desplazarse en automóvil y fomente velocidades de circulación más seguras**

Desarrolle un uso mixto del suelo, cuadras más cortas, actividades en la planta baja de los edificios y establecimientos públicos cercanos, los cuales reducen la exposición a las colisiones viales gracias a un menor número de desplazamientos en automóvil.



Medellín (Colombia)

### **Medidas de tránsito calmado que reduzcan la velocidad vehicular o permitan cruces más seguros**

Integre medidas comprobadas como reductores de velocidad, chicanas, estrechamientos de calzada, refugios peatonales, glorietas, calles compartidas y otras intervenciones viales que pueden fortalecer la seguridad vial de la ciudad.



Ciudad de México (México)

### **Corredores principales que garanticen condiciones más seguras para todos los usuarios**

Mejore las vías arteriales y otras calles principales para garantizar la seguridad vial de peatones, ciclistas, del transporte masivo y conductores, a través de la reducción de distancias de cruce, semáforos con prioridad al paso peatonal, medianas y refugios peatonales, giros seguros y el equilibrio en el número de carriles. La uniformidad del diseño debe crear un entorno agradable para los usuarios de la vía, con un mínimo de incertidumbres, especialmente para los usuarios vulnerables de la vía.



Río de Janeiro (Brasil)

### **Red de infraestructura diseñada especialmente para la bicicleta**

Diseñe vías accesibles que favorezcan el uso de bicicletas por medio de redes de carriles protegidos para ciclistas o carriles para bicicletas. Debe prestar especial atención a las intersecciones para reducir los conflictos entre ciclistas y automóviles giran.



Estambul (Turquía)

### **Infraestructura para peatones y acceso a espacios públicos**

Suministre espacios de calidad para los peatones a través de aceras y espacios en la vía, así como el acceso a parques, plazas, escuelas y a otros espacios públicos importantes. El diseño de estos espacios debe ser atractivo para los peatones.



Ahmedabad (India)

### **Acceso seguro a corredores, estaciones y paradas de transporte masivo**

Mejore el acceso al transporte público, en parte, por medio de la eliminación de las barreras físicas y la creación de un entorno seguro para el transbordo.

## Observaciones sobre el proceso de prueba

La primera versión de esta guía, la Versión 1.0, permite poner a prueba los principios planteados a fin de trabajar con diseñadores, auditores, gerentes de proyectos, tomadores de decisiones y otras partes interesadas que estén directamente relacionadas con el diseño de comunidades. Durante este período de prueba aprenderemos a aplicar los contenidos de la guía en las ciudades, lo cual nos dará la oportunidad de examinar la guía para poder realizar las mejoras correspondientes.

El proceso de prueba comprenderá el uso de la guía en talleres, auditorías, inspecciones de seguridad vial y el tratamiento de “puntos negros” (también conocidos como puntos conflictivos o tramos de concentración de siniestros), así como su aplicación en proyectos *en campo*, en coordinación con las autoridades y los responsables de la planificación urbana. A medida que se lleva a cabo este proceso, el cual se pondrá en práctica en varios países y ciudades, se buscarán, no solo más ejemplos que permitan explicar cómo se aplican en el mundo real estas medidas basadas en la evidencia, sino también pruebas adicionales que procedan de diferentes partes del mundo; todo esto con el objetivo de comprender de una mejor manera cómo mejorar la seguridad vial mediante el diseño. Quienes deseen aportar sugerencias, ejemplos de prácticas adecuadas y evidencia, pueden comunicarse con el equipo del proyecto a través de nuestra dirección de correo electrónico: [saferbydesign@wri.org](mailto:saferbydesign@wri.org).

## Cómo usar esta guía

En la guía, *Ciudades más seguras mediante el diseño*, se presenta un panorama del cómo algunas ciudades alrededor de mundo están diseñando comunidades y vías que maximicen la seguridad vial, la salud y promuevan una forma de desarrollo urbano más sostenible. La guía puede ser usada por diseñadores, promotores públicos y privados, ingenieros, expertos en salud pública, urbanistas, tomadores de decisiones y otros actores que trabajen en la planificación y ejecución de proyectos que comprenden el diseño de comunidades y vías.

La guía puede ser de utilidad en auditorías e inspecciones de seguridad vial. Las personas encargadas de la planificación y formulación de políticas también pueden usarla para informar sobre la selección e implementación de políticas y proyectos que mejoren la seguridad vial y la calidad de vida. Lo anterior incluye planes de movilidad urbana, desarrollo orientado al transporte, planes y reglamentos urbanos y planes de acción sobre seguridad vial peatonal para toda la ciudad.

En esta guía se presentan los lineamientos generales de la creación de soluciones efectivas y comprobadas que generen entornos urbanos seguros. No obstante, las ciudades y los países pueden ser muy diferentes en cuanto a su historia, cultura, diseño, desarrollo, políticas, procesos y muchos otros factores, por lo tanto, esta guía se centra en prácticas y elementos de planificación y diseño urbano que puedan ser aplicadas en diversas situaciones. Se recomienda tener en cuenta las soluciones y los criterios locales para adaptar, ajustar, medir y reproducir estas prácticas. La Versión 1.0 de la guía se someterá a un proceso de prueba que permitirá recopilar más información, y generar una versión posterior basada en este proceso.

INTERVENCIÓN  
SUGERIDA

### 3.3 CHICANAS

DEFINICIÓN/  
DESCRIPCIÓN

Las chicanas son carriles curvos artificiales creadas para desacelerar el tránsito. El ancho de la calzada se reduce, a un lado o en ambos lados, siguiendo un patrón escalonado que no permite a los conductores manejar en línea recta con lo que se reduce la velocidad del tránsito en calles de uno o dos carriles.

ESQUEMA DE  
INTERVENCIÓN



PRINCIPIOS

#### Principios

- Un enfoque sencillo consiste en alternar los espacios de estacionamiento en vía de un lado y otro en calles de un solo carril. Esto puede combinarse con el estrechamiento de calzadas y cruces elevados.
- En calles de dos carriles, como en una vía arterial en una zona residencial, se pueden diseñar chicanas escalonadas usando espacios de estacionamiento, medianas, carriles centrales para giros en diversas secciones.

BENEFICIOS

- Es importante proporcionar suficiente espacio para peatones y ciclistas.
- El paisajismo debe diseñarse de manera que no perturbe la visibilidad a los conductores.

#### Beneficios

- La chicana obliga a los conductores a manejar más lentamente y estar más conscientes del entorno, en particular cuando se encuentran a mitad de cuadra.
- Permiten embellecer y agregar vegetación al paisaje urbano, con lo cual se mejora la calidad ambiental.
- Tiene una repercusión mínima en los vehículos de respuesta a emergencias en comparación con los reductores y otros cambios en la alineación vertical de la calzada.

FOTO DE  
IMPLEMENTACIÓN



Figura 3-3 | Chicanas

Una chicana en Estambul, Turquía crea una calle más segura, al escalonar el espacio para estacionar los automóviles a cada lado de la calle, y permite agregar vegetación para mejorar la estética.

USO

#### Uso

- Pueden ser útiles para incrementar la seguridad peatonal en calles rectas con cuadras largas si son combinadas con cruces a mitad de cuadra.
- Son útiles en vías arteriales que pasan por zonas residenciales o de uso mixto, donde se requieren velocidades más seguras.
- Las bicicletas pueden tener un espacio separado al lado de la acera.
- Los vehículos grandes, y en particular los autobuses, pueden pasar por las chicanas; de hecho, las paradas de autobuses pueden usarse como parte de la medida de reducción de velocidad.

#### Evidencia

- Los datos disponibles relativos al uso de las chicanas indican que estas reducen las colisiones con heridos (54%) y la gravedad de los siniestros (UK Department for Transport 1997).

EVIDENCIA

## Términos clave

En la guía se proporcionan diversas medidas y términos relacionados con seguridad vial. Las medidas se definen en el resumen de cada sección y los términos presentados a continuación aparecen a lo largo del documento.

**Auditoría de seguridad vial.** Es una evaluación cualitativa de las condiciones de seguridad vial de una calle o un proyecto de transporte que actualmente se encuentra en fase de diseño, realizada por un auditor con experiencia en seguridad vial. A diferencia de una inspección de seguridad vial, la auditoría evalúa los diseños y no solo la infraestructura.

**Desarrollo orientado al transporte (DOT).** Un tipo de desarrollo urbano que ubica construcciones residenciales, comerciales y de oficina, así como servicios públicos en la misma área, con el fin de potenciar al máximo el uso de transporte público. A menudo se incorporan principios del diseño para promover los desplazamientos a pie y el uso de la bicicleta. Normalmente un barrio orientado al transporte tiene como eje central una estación o parada de transporte público, rodeada de edificaciones con una densidad relativamente alta que por lo general se encuentran dentro de un radio de 400 a 800 metros.

**Exposición.** En el contexto de la seguridad vial, se refiere al estado de estar expuesto a un riesgo. Medir la exposición tiene como objetivo el indicar la probabilidad de que ciertos sectores de la población se vean implicados en colisiones, basados en determinada cantidad de tiempo, volumen o distancia. En el contexto de los modelos de colisiones, la exposición puede comprender el volumen total de tránsito de vehículos motorizados (kilómetros-vehículo recorridos o el tránsito diario promedio en un año) o la cantidad de desplazamientos de peatones y ciclistas.

**Inspección de seguridad vial.** Es una evaluación cualitativa de las condiciones de seguridad vial a lo largo de una vía existente, realizada por un auditor con experiencia en el tema. La inspección está basada en la pericia del auditor, las prácticas más idóneas y en estudios sistémicos. Esta puede ayudar a identificar problemas que no son evidentes en los datos sobre colisiones del área estudiada.

**Modelos para medir la frecuencia de las colisiones.** Llamados también “modelos de desempeño de seguridad” o “modelos de predicción de siniestros”, los modelos usados para medir la frecuencia de las colisiones se basan en análisis estadísticos realizados con el objetivo de predecir el desempeño de un lugar (una calle, un cruce o un barrio) en términos de seguridad vial, usando variables que tienen en cuenta la exposición al riesgo (volumen de tránsito y volumen de peatones) y los factores de riesgo (configuración geométrica de las intersecciones, control del tránsito por medio de semáforos, tamaño de las cuadras, etc.). A menudo estos modelos usan una distribución binomial negativa o una distribución de Poisson.

**Tránsito calmado.** Es la combinación de diseños viales y normas de tránsito que reducen deliberadamente la velocidad de los vehículos motorizados por medio del diseño e implementación de intervenciones en la infraestructura (reductores de velocidad, pasos peatonales elevados, chicanas) a fin de mejorar la seguridad de todos los usuarios de la vía, en particular de peatones y ciclistas.

**Riesgo.** En materia de seguridad vial el riesgo puede tener diferentes significados, puede referirse a una situación que implica la exposición al peligro, una lesión o una pérdida que implique factores como la percepción, la propensión y la recompensa (por ejemplo, de cruzar la calle más rápido al hacerlo a mitad de cuadra), y también puede referirse a una tasa de lesiones calculada al dividir el número de lesiones o colisiones entre la exposición o la población. Por último, puede referirse a la percepción de riesgo o la propensión a correr riesgos.

**Semáforos con prioridad peatonal.** Son semáforos que dan luz verde a los peatones unos segundos antes de permitir el tránsito automotor en la misma dirección. Al aumentar la visibilidad de los peatones se evitan conflictos entre peatones y vehículos que giran a la derecha.

**Usuarios vulnerables de la vía.** Término colectivo para el grupo de usuarios con altas tasas de lesiones o muerte, principalmente peatones, ciclistas y motociclistas. La vulnerabilidad se define de varias maneras, por el nivel de protección en la vía o por las capacidades del usuario (por ejemplo los jóvenes y personas de la tercera edad).





# SEGURIDAD VIAL PARA LAS PERSONAS

La seguridad vial tiene mucho que ver con la interacción entre las personas, el entorno vial y los vehículos, así como con la creación de calidad de vida en las ciudades.

En esta guía define al desarrollo urbano sostenible o desarrollo orientado al transporte como un entorno urbano construido que comprende un uso de suelo compacto y mixto, acceso a transporte masivo de alta calidad, y medidas para reducir la velocidad de tránsito y limitar la presencia de automóviles en áreas clave. Esto genera oportunidades para desplazarse a pie o en bicicleta en lugar de conducir para ir a la escuela y el trabajo, salir de compras, ir a un parque, al médico, visitar a la familia y los amigos, y otras actividades cotidianas. Según en el proyecto New Climate Economy estos lugares se caracterizan por ser conectados, compactos y coordinados (NCE 2014).

En la promoción del desarrollo urbano sostenible y la seguridad vial puede establecerse una relación sólida y positiva basada en dos temas clave en el ámbito de la seguridad: la exposición y el riesgo. Las prácticas relacionadas con el desarrollo urbano sostenible permiten: (a) *reducir la exposición* al evitar la necesidad de trasladarse en automóvil con lo que se evitan colisiones antes de haber empezado el viaje; y (b) *disminuir el riesgo* al fomentar velocidades vehiculares más seguras y dar prioridad a la seguridad vial de peatones y ciclistas.

Para aprovechar al máximo los beneficios que podrían recabarse en materia de seguridad vial por un lado se requiere una estrecha coordinación entre la planificación territorial y de transporte, y por el otro la ejecución de dichos planes, así como un constante análisis de datos, evaluaciones y mediciones de desempeño.

En este capítulo se explica el significado de *Ciudades más seguras mediante el diseño*, lo que incluye los siguientes aspectos:

- Tasas de muertes a causa del tránsito en determinadas ciudades del mundo.
- Descripción de los diferentes grupos de usuarios de las ciudades y la importancia de la seguridad vial.
- Evidencia de ciudades más seguras mediante el diseño.
- Análisis de datos y herramientas de evaluación para la aplicación de los Principios.
- Medidas clave de desempeño que deben considerarse al evaluar las intervenciones

## 1.1 La seguridad vial en distintas ciudades del mundo

¿Cuántas muertes a causa de siniestros de tránsito se registran en las principales ciudades del mundo? Aunque en el *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial*, la Organización Mundial de la Salud (OMS) presenta estadísticas de distintos países e información sobre la implementación de políticas y prácticas, no se han presentado datos estadísticos de ciudades de una forma consolidada a nivel mundial. El suministrar más información donde se comparen diferentes ciudades ubicadas en distintos lugares del planeta, puede ayudar a explicar de qué forma diferentes ciudades abordan la mejora de la seguridad vial y qué datos usan para lograrlo.

EMBARQ recopiló datos sobre casos notificados de fatalidades de tránsito registrados en ciudades de todo el mundo, estos datos provienen casi en su totalidad de instituciones públicas con un ámbito de acción en el país o la ciudad correspondiente (Welle y Li 2015). Al igual que con las cifras recopiladas de todo un país, pueden haber variaciones significativas en las cifras correspondientes a las ciudades en términos de falta de denuncias, seguimiento con hospitales, fiabilidad de los datos, entre otros. Es posible que algunas ciudades y países no hayan desarrollado un sistema, basado en las normas internacionales y contextos locales, que permita proporcionar un número exacto de muertes resultantes del tránsito. Por esta razón, es posible que se observe un mayor número de muertes por siniestros de tránsito en algunas de las ciudades que tienen muy buenas prácticas en cuanto a la recopilación y notificación de datos.

En términos generales, los datos de los países de mayores ingresos son más confiables, por lo que muchas de las ciudades fuera de las regiones más desarrolladas pueden tener tasas de mortalidad mucho mayores que las notificadas. Por ejemplo, la OMS calcula que posiblemente toda Etiopía tiene casi seis veces más muertes por siniestros de tránsito que las que son notificadas y que India quizá tiene casi dos veces más muertes que las notificadas (WHO 2013). De acuerdo con Li et al. (2006), la tasa de letalidad en Shanghái en el 2003 fue de 14,18 por cada 100.000 habitantes. Otras ciudades, como las de Brasil, pueden aparecer en las primeras posiciones del gráfico debido a que disponen

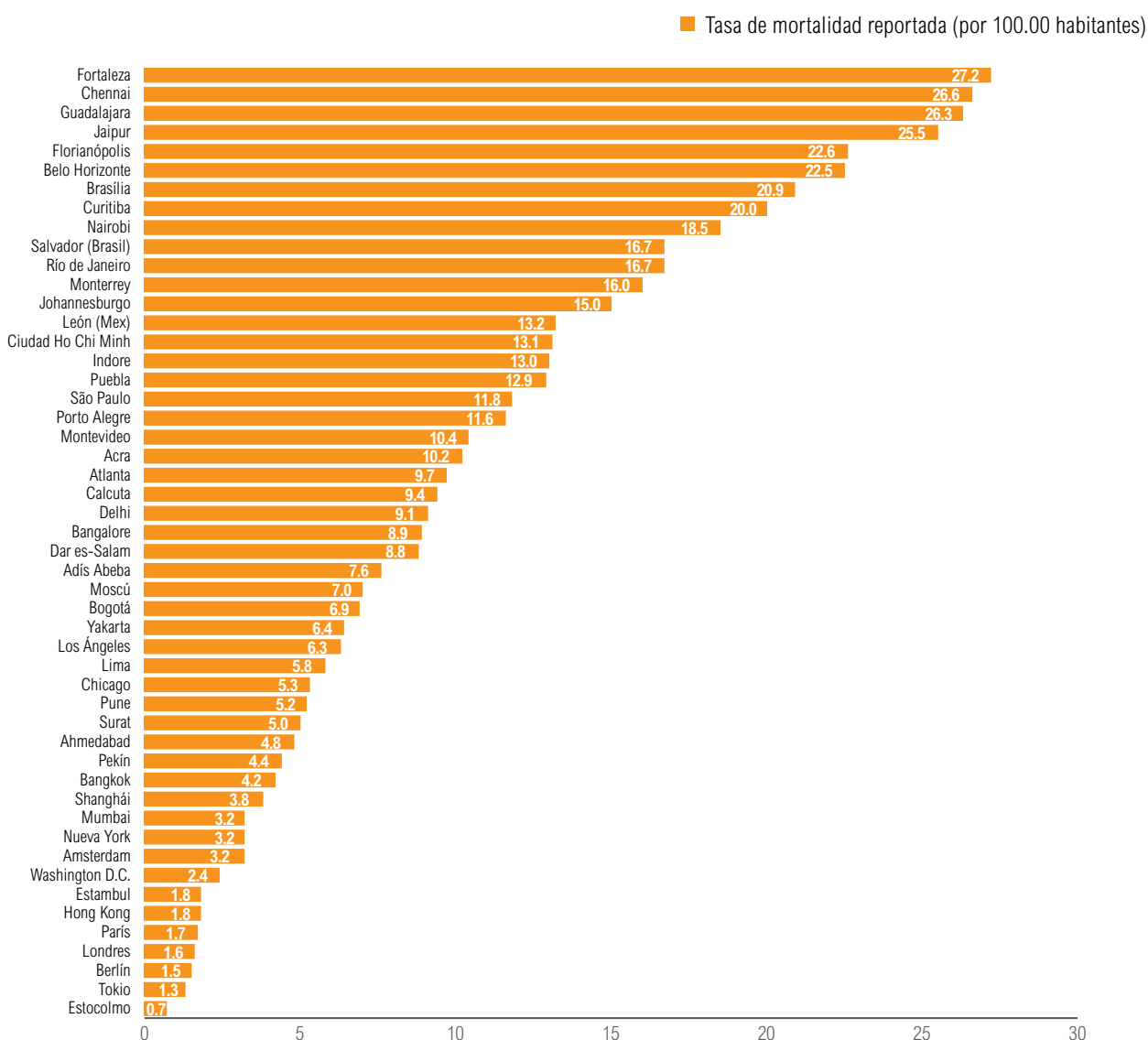


de mejores sistemas de notificación de colisiones, aunque todavía tienen tasas de mortalidad muy altas.

Es evidente que se necesitan mejores prácticas de recopilación de datos sobre colisiones en las ciudades, así como investigaciones más profundas sobre lesiones. En una publicación de la OMS—titulada *Sistemas de Datos: Manual de Seguridad Vial Para Decisores y Profesionales* (2010)—se suministra más información sobre cómo mejorar estos sistemas. También es difícil comparar ciu-

dades si no existe uniformidad en cuanto a la calidad de los datos y la notificación de casos, y cuando no existe una metodología generalmente aceptada que permita comparar las diferencias entre las distintas ciudades en cuanto a niveles de seguridad y preservar las diferencias en tamaño, función y morfología (Jost et al. 2009). De ampliarse los esfuerzos por analizar el estado de la seguridad vial en el contexto urbano, podrían hacerse más comparaciones entre ciudades usando estos múltiples factores y analizar los sistemas propios de cada ciudad.

Figura 1.1 | **Muertes por siniestros de tránsito por cada 100.000 habitantes (casos notificados) en determinadas ciudades del mundo**



Fuente: Nota técnica de EMBARQ (Welle y Li 2015).

Nota: La cifra real de muertes puede variar algunas ciudades con deficiencias en los sistemas de notificación de colisiones.

## 1.2 La seguridad vial afecta a casi todos los residentes de una ciudad

El nivel de seguridad vial depende, en parte, de la manera en que las personas usan la ciudad y realizan sus actividades diarias. La seguridad vial afecta a varios sectores de la población entre los cuales hay algunos grupos clave que vale la pena considerar:

**Los niños y adolescentes.** Los siniestros viales son la principal causa de muerte de las personas entre 15 a 29 años, y la segunda causa de muerte entre niños y adolescentes de 5 a 14 años (WHO 2003). En Brasil, por ejemplo, 4.056 niños murieron en siniestros de tránsito entre 2008 y 2012. ¿Pueden los niños y adolescentes desplazarse a pie o en bicicleta para ir a la escuela, a los parques y a parques infantiles? ¿Pueden montar bicicleta en las calles urbanas?

**Los marginados.** Las personas provenientes de los sectores de menores recursos socioeconómicos tienen mayor probabilidad de verse implicadas en colisiones de tránsito y a menudo viven en áreas con infraestructura de baja calidad (WHO 2003). ¿Están las calles diseñadas para proteger a las personas de menores recursos socioeconómicos y ayudarlas a acceder a una movilidad ascendente sin que exista una amenaza desproporcionada de sufrir lesiones graves o morir?

**Las personas de la tercera edad y los discapacitados.** Los peatones y ciclistas de mayor edad pueden representar hasta un 45% de las muertes de peatones y hasta un 70% de las muertes de ciclistas (Oxley et al. 2004). ¿Pueden las personas de la tercera edad y los discapacitados desplazarse con seguridad? ¿Las normas y procesos relacionados con el diseño vial tienen en cuenta a estas personas?

**Los hombres y las mujeres.** Cuando se analiza la seguridad según el género, pueden haber diferentes niveles de seguridad real o percibida. Por una parte, los siniestros de tránsito son la principal causa de muerte de hombres jóvenes en el mundo, por la otra, se ha demostrado que hombres y mujeres perciben la seguridad vial de forma diferente (DeJoy 1992).

**Los trabajadores.** La mayoría de los trabajadores demoran entre 30 y 60 minutos o más desplazándose de la casa al trabajo y del trabajo a la casa. Durante ese período corren el riesgo de ser víctimas de siniestros de tránsito solo intentando ganarse la vida. ¿Las vías de la ciudad son seguras para los trabajadores, en particular para aquellos que deben recorrer largas distancias para llegar al trabajo?

**Los consumidores.** Diversas investigaciones han demostrado que existe un vínculo entre los siniestros de tránsito, con peatones u otros actores, y la ubicación de zonas urbanas destinadas al comercio minorista, es decir, los lugares donde las personas van a comprar ropa, alimentos y otros bienes de consumo masivo (Wedagamaa, Bird y Metcalfe 2006). ¿Pueden las personas, que salen de compras o a hacer diligencias, realizar sus actividades en un lugar seguro? ¿Pueden llegar a las zonas comerciales de manera segura?

**Los ciudadanos.** Aquellos que viven en centros urbanos densamente poblados necesitan espacio para realizar actividades cívicas y de enriquecimiento cultural pero pueden encontrarse con condiciones deficientes en cuanto a seguridad vial al tratar de acceder a parques, plazas, bibliotecas y eventos especiales. ¿Es la ciudad un espacio seguro para la recreación, la interacción, los eventos y las actividades recreativas?

**Los visitantes.** Los siniestros de tránsito son la principal causa de muerte de ciudadanos estadounidenses sanos que viajan al exterior. Es probable que lo mismo ocurra con turistas de otros países (ASIRT s.f.). ¿Pueden los turistas y personas que realizan sus viajes por negocios llegar sin ningún percance a sus destinos y encontrar el camino a sitios de interés y reuniones de trabajo?

## 1.3 Cómo crear un sistema más seguro para todos: reducción de la exposición y riesgos

Al observar más de cerca las ciudades se descubre que la seguridad vial y el diseño urbano van de la mano. Entre las ciudades más seguras del mundo, en materia de seguridad vial, se encuentran Estocolmo, Berlín, Hong Kong y Tokio (véase Figura 1.1). Estas y otras ciudades con bajos niveles de colisiones y muertes en vía comparten ciertas características.

Las ciudades más seguras tienden a contar con amplios sistemas de transporte masivo, buenas condiciones para caminar y montar bicicleta, un menor uso del automóvil para distancias cortas y velocidades más seguras, lo cual reduce el nivel de energía generado por el impacto de los vehículos motorizados. Los datos confirman que hay menos muertes en lugares donde hay menos kilómetros-vehículo recorridos y donde se promueve el transporte masivo y los desplazamientos a pie y en bicicleta, reduciendo de esta forma la exposición en general (Duduta, Adriaola e Hidalgo 2012). Estas ciudades también tienen planes globales de seguridad vial los cuales giran en torno a la reducción de la velocidad vehicular para que las vías sean seguras para los desplazamientos a pie y en bicicleta, y suministran una buena infraestructura para estos modos de transporte. Este enfoque se denomina “Sistemas seguros” (Bliss y Breen 2009).

En esta guía se presentan los Principios que pueden aplicarse para lograr entornos así de seguros. Estos principios pueden explicarse dentro de las siguientes categorías interconectadas, las cuales se han identificado en investigaciones sobre diseño urbano y vial.

■ **Un diseño urbano conectado y compacto.**

Las ciudades más compactas y conectadas pueden ser también más seguras; su diseño urbano reduce la necesidad de conducir automóviles y fomenta desplazamientos más cortos. Un estudio en Estados Unidos encontró que la expansión urbana—que genera zonas con menor densidad de población, cuadras largas y escasa conectividad entre vías—está “directamente relacionada con las muertes a causa del tránsito y las muertes de peatones” (Ewing, Schieber y Zegeer 2003). Por cada cambio de 1% hacia una configuración urbana más compacta y conectada, la tasa de mortalidad para todos los modos de transporte disminuye en un 1,49% y para los peatones se reduce de 1,47% a 3,56%. De hecho, la ciudad de Nueva York, densamente poblada, tuvo la menor cantidad de muertes, mientras que las zonas más extendidas de Atlanta y otras ciudades registraron las cifras más altas. Otra investigación demuestra que esto ocurre porque las personas conducen menos en áreas compactas de usos múltiples y esta

configuración urbana conectada tiende a reducir las velocidades vehiculares (Ewing y Dumbaugh 2010).

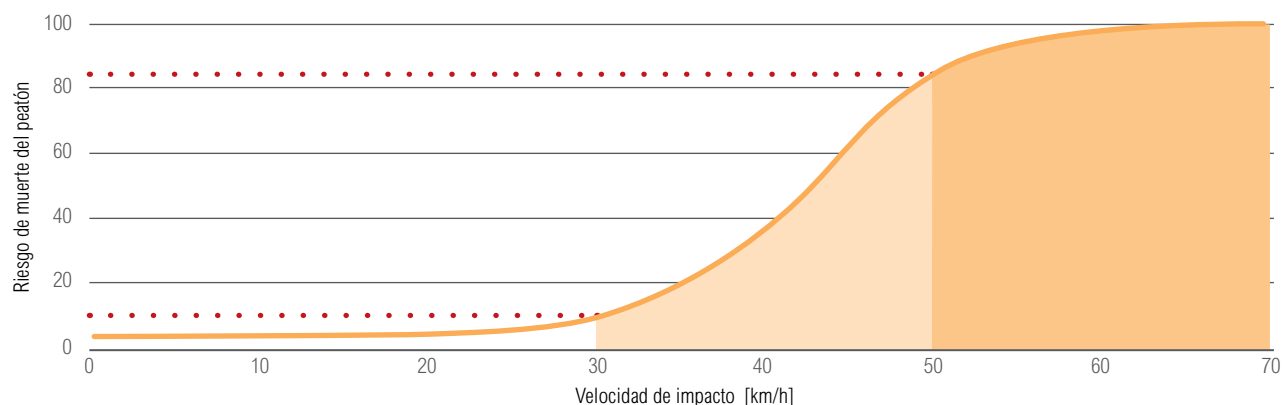
■ **Velocidades vehiculares más seguras.**

Mejorar la seguridad depende de reducir la velocidad de los vehículos motorizados y reducir los conflictos. Se ha observado que el riesgo de morir en un siniestro de tránsito se reduce drásticamente si la velocidad vehicular es menor, especialmente a menos de 30 km/h (Rosen y Sander 2009). Si los automóviles se desplazan a 50 km/h el riesgo de muerte para los peatones es dos veces mayor que si se desplazaran a 40 km/h y cinco veces mayor que si se desplazan a 30 km/h (figura 1.2). Se puede lograr una reducción de la velocidad del tránsito a niveles más seguros mediante un conjunto de medidas de tránsito calmado que se basen en datos probatorios (Bunn et al. 2003).

■ **Gestión de vías arteriales.** Es particularmente importante garantizar la seguridad vial en calles principales. Se ha observado que en las zonas de comercio minorista configuradas a escala peatonal se registran menos colisiones mortales que en las megatiendas, las cuales tienen enormes estacionamientos y normalmente están ubicadas en vías arteriales con altos flujos vehiculares (Dumbaugh y Rae 2009). Investigaciones realizadas en México demuestran que la mayoría de las colisiones probablemente se registran en vías arteriales amplias; se han observado resultados similares en Nueva York y otras ciudades (Chias y Cervantes 2008; NYC DOT 2010). En lugar de ser construidas en función de la velocidad y el flujo de los vehículos motorizados, lo que implica un alto riesgo para peatones y ciclistas, las ciudades pueden garantizar un diseño más seguro en las intersecciones complejas con múltiples modos de transporte y limitar la velocidad de los automóviles a 40 km/hora, especialmente en las zonas con uso mixto del suelo. Las vías con mayores velocidades vehiculares deben separarse por completo de peatones, ciclistas y del correspondiente uso mixto del suelo.

■ **Énfasis en caminar, montar bicicleta y el uso del transporte masivo.** Las ciudades con menor número de desplazamientos en automóvil tienen conexiones de infraestructura de

Figura 1.2 | **La relación entre seguridad vial del peatón y velocidad del vehículo al momento del impacto)**



Nota: La figura anterior muestra la relación entre las muertes de peatones y la velocidad de impacto de vehículos publicada por la OCDE (2006). Algunos estudios recientes demuestran una relación similar pero cuentan el sesgo de la muestra para encontrar riesgos ligeramente más bajos de 40 a 50 km/h (Rosen & Sander 2009, Tefft 2011, Richards 2010, Hannawald y Kauer 2004). Sin embargo, no existen estudios de países de bajos y medianos ingresos donde factores como el tipo de vehículo, el tiempo de respuesta para emergencias y otras características puedan influir en esta relación. En cualquier caso, existen pruebas claras que respaldan las políticas y prácticas que exigen una reducción de la velocidad vehicular a 30 km/h donde los peatones normalmente están presentes, y no más de 50 km/h en las calles que no son separadas por nivel.

alta calidad para peatones, ciclistas y usuarios del transporte público. Las ciudades pueden lograr que el desplazamiento en bicicleta sea práctico y seguro, lo cual reduce las tasas de lesiones a medida que se incrementa el uso de la bicicleta (Duduta, Adriazola e Hidalgo 2012). De hecho, las ciudades de Estados Unidos y Europa con mayor número de ciclistas tienen en general menos siniestros viales. Estas ciudades también cuentan con una buena infraestructura para ciclistas, una alta conectividad vial y una configuración urbana compacta (Marshall y Garrick 2011). Por otro lado, existen indicios de que el uso de la bicicleta está disminuyendo en países como China e India, pues a medida que los automóviles se apoderan de las vías es más peligroso emprender esta actividad (Yan et al. 2011).

Se ha demostrado que cuando se reconstruye una vía para promover condiciones más seguras, la introducción de autobuses de tránsito rápido (BRT por sus siglas en inglés) reduce el número de colisiones en vías urbanas, y además proporciona a los usuarios una experiencia dentro del vehículo más segura que la de los conductores (Duduta, Adriazola e Hidalgo 2012). A escala mundial, las investigaciones revelan que las ciudades con mayor índice de uso de transporte masivo tienen menos muertes a causa del tránsito (Litman 2014).

Estas consideraciones clave tomadas en conjunto, pueden reducir la necesidad de que un vehículo se exponga al tránsito, mientras disminuyen el riesgo de lesiones para todos, especialmente de peatones y ciclistas.

Las políticas públicas están empezando a incorporar estos principios para lograr ciudades más seguras. La Ley de Movilidad adoptada en Ciudad de México y las políticas recomendadas por el Consejo Europeo para la Seguridad Vial, no apuntan únicamente al tránsito motorizado, también establecen una jerarquía de prioridad modal que empieza con los peatones, luego los ciclistas, el transporte masivo y por último los automóviles, a fin de abordar inquietudes como la seguridad vial y la sostenibilidad (ETSC 2014).

Las ciudades del mundo con los mejores historiales de seguridad vial han incorporado un sólido diseño vial para peatones, ciclistas y el transporte masivo con el propósito de reducir aún más la exposición y el riesgo. Por ejemplo, en Gotemburgo, Suecia, se han adoptado exhaustivas medidas para calmar el tránsito y limitar el uso del automóvil; en esta ciudad el número de muertes por siniestros de tránsito se ha reducido significativamente en los últimos 25 años (Huzevka 2005).

## RECUADRO 1.1 | EL PARADIGMA EVITAR-CAMBIAR-MEJORAR

Cambiar el paradigma actual implica emprender un proceso que permita a las ciudades limitar el uso del automóvil y potenciar al máximo la seguridad vial de los usuarios de la vía. El marco de este enfoque puede ser el paradigma evitar-cambiar-mejorar (Dalkmann y Brannigan 2007). Este paradigma se creó como una manera de reducir las emisiones de dióxido de carbono asociadas al transporte, pero también puede adaptarse a la seguridad vial. De hecho, las ciudades pueden sacarle provecho a las sinergias existentes en las políticas que abordan tanto el cambio climático como la seguridad vial. En el campo de

la seguridad vial, esto significa evitar recorridos innecesarios en automóvil, cambiarse a modos más seguros y menos amenazantes, y mejorar el entorno y las operaciones actuales a fin de que sean más seguros para todos los usuarios de la vía.

*Evitar* desplazamientos innecesarios para prevenir muertes y lesiones causadas por el tránsito creando un modelo urbano de desarrollo que sea compacto, transitable a pie, accesible por medio del transporte masivo y que aplique un uso mixto al suelo.

*Cambiar* la forma de desplazarse y dejar a un lado los trayectos en automóvil para adoptar modos más seguros o menos amenazantes, creando transporte público de alta calidad y un desarrollo urbano compacto que permita a las personas andar a pie y en bicicleta de manera segura.

*Mejorar* el diseño y la aplicación del desarrollo urbano para potenciar al máximo la seguridad de todos los desplazamientos, disminuyendo las velocidades vehiculares y protegiendo a peatones y ciclistas.

## RECUADRO 1.2 | LAS CINCO D Y LOS PRINCIPIOS DEL DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE

Existe un marco de configuración urbana que permite reducir el uso del automóvil y promover los desplazamientos a pie y en bicicleta: las “5D” (Ewing y Cervero 2010). Las cinco D corresponden a *densidad, diversidad, diseño, destino* y *distancia*. La densidad se refiere al número de unidades habitacionales o la cantidad de oficinas por hectárea, es decir, la densidad de construcción. La *diversidad* mide el uso mixto del suelo, basándose en la hipótesis de que es más probable que las personas se desplacen a pie en áreas donde hay tiendas, oficinas y viviendas, comparado con los barrios suburbanos que tienen un uso único del suelo. La tercera dimensión, *el diseño*, se refiere a la calidad del entorno peatonal, el número

de árboles en la calle, la presencia de mobiliario urbano, etc. *El destino* se refiere a la capacidad o conveniencia de acceso a los diferentes destinos de un desplazamiento, como a los principales centros comerciales y centros laborales, partiendo de un punto de origen. Por último, *la distancia*, se refiere a la proximidad del transporte público para llegar a estos destinos. Según los resultados de este estudio, las personas tienden a caminar y usar más el transporte público y menos el automóvil en áreas con mejor infraestructura peatonal, es decir, aceras más amplias, más paradas de transporte público y una buena combinación de las características que definen las 5D.

EMBARQ México ha formulado directrices para promover las 5D y el desarrollo orientado al transporte en un manual elaborado para el contexto mexicano que puede aplicarse en otros países en desarrollo. En el manual se identifican los siguientes elementos clave para el desarrollo en general: (1) infraestructura segura y de calidad para la movilidad no motorizada; (2) transporte público de alta calidad; (3) espacios públicos activos y seguros; (4) uso mixto del suelo; (5) actividad dinámica en el espacio público; (6) control del automóvil y de los estacionamientos; y (7) seguridad y participación de la comunidad.

Esto es particularmente importante si se toma en cuenta el gran número de peatones y ciclistas que transitan por las vías públicas. En la mayoría de las ciudades latinoamericanas solo los desplazamientos a pie representan alrededor del 30% de todos los desplazamientos (Hidalgo y Huizenga 2013) y las ciudades asiáticas tienen tasas históricamente altas de desplazamientos a pie, en bicicleta o en transporte masivo. Lamentablemente, la falta de seguridad al caminar y montar bicicleta quizá esté empujando a las personas hacia el uso del automóvil.

No obstante, las ciudades tienen la oportunidad de crear lugares seguros para todos los residentes y revertir la tendencia hacia un creciente número de muertes a causa del tránsito.

#### 1.4 Análisis de la seguridad vial en las ciudades

Los datos pueden ser de extraordinaria ayuda para aquellas ciudades que decidan crear un sistema vial más seguro y adoptar los Principios presentados en esta guía. Las ciudades que cuentan con sistemas de recopilación de datos sobre colisiones viales pueden examinar y analizar la información recopilada y darle diversos usos, por ejemplo, establecer los objetivos de las políticas públicas e identificar las vías y los lugares más peligrosos (conocidos como “puntos negros” o “puntos conflictivos”) y aprender a diseñar vías seguras.

Asimismo, las ciudades pueden adoptar un proceso que permita inspeccionar las zonas de alto riesgo y hacer los cambios que consideren pertinentes para

que aplique un uso mixto al suelo. La ciudad de Nueva York por ejemplo, analizó los atropellos ocurridos en toda la ciudad y decidió aplicar cambios en el diseño vial de los corredores de alto riesgo (NYC DOT 2010). En Turquía, EMBARQ Turquía junto con cinco municipios, colaboró en la identificación de puntos negros y recomendó adoptar medidas para calmar el tránsito y otros cambios de diseño basados en inspecciones de seguridad vial.

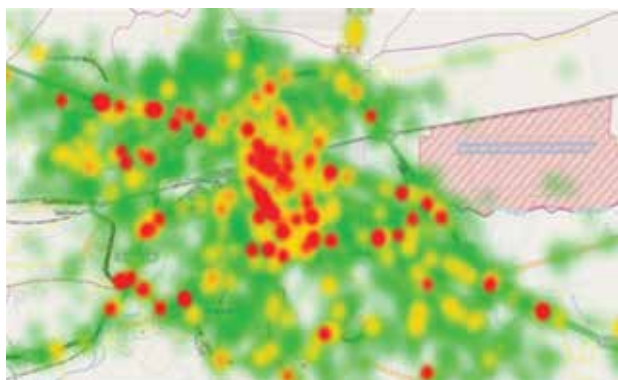
La información recopilada puede usarse para demostrar empíricamente que es lo que hace a una ciudad más segura. Esto incluye mediciones antes y después de adoptar cambios en el diseño vial, y modelos de frecuencia de colisiones que comparan los diferentes diseños viales dentro de una ciudad.

#### 1.5 Medición del desempeño

Mejorar la seguridad vial en las ciudades depende no solo del análisis de datos, sino también de medir de manera eficaz los resultados de las diferentes intervenciones. Según el Banco Mundial, es esencial evaluar con regularidad las metas y programas de seguridad vial, y hacerles un seguimiento a fin de evaluar el desempeño; la evaluación y el seguimiento son elementos fundamentales del enfoque de un sistema seguro frente a la seguridad vial (World Bank 2013).

Al evaluar el progreso de las políticas y los proyectos relacionados con la seguridad vial se deben considerar diversos factores. Tanto los encargados de la toma de decisiones, como los ingenieros y los planificadores responsables de procedimientos y medidas de seguridad vial como parte del diseño

Figura 1.3 | La ubicación de las colisiones viales pueden analizarse usando “mapas de calor”



Este mapa de calor de Turquía, para el cual se usó el programa PTV Visum Safety, se hizo con el fin de identificar los corredores viales o barrios donde se podían aplicar medidas relativas al diseño y al cumplimiento de normas u otras acciones focalizadas con el fin de mejorar la seguridad vial. Estos mapas pueden identificar zonas donde ocurren atropellos o colisiones, áreas alrededor de escuelas y otros indicadores más específicos.

comunitario y vial, pueden considerar los siguientes indicadores clave para las tareas de seguimiento y evaluación.

### **Resultados finales en cuanto a seguridad**

**vial.** Entre estos resultados se encuentran las cifras de muertes y lesiones registradas por la policía, los hospitales, las autoridades sanitarias u otras fuentes en capacidad de suministrar esta información. Un indicador común es el número de muertes a causa del tránsito por cada 100.000 habitantes, que es ideal para comparar jurisdicciones o vigilar el progreso con el transcurso del tiempo. Una medición usada a menudo es conocida por sus siglas en inglés como KSI, “muertes o lesiones graves”.

**Exposición.** Kilómetros recorridos por modo, el volumen de tránsito por modo o el porcentaje de recorridos por modo incluyendo los trayectos largos de la casa al trabajo y viceversa.

**Riesgo.** Colisiones viales, muertes y lesiones por modo o por distancia recorrida por el pasajero. Las soluciones tradicionales de ingeniería a menudo se han centrado en reducir la frecuencia de las colisiones por los kilómetros recorridos por vehículo, lo cual puede generar un sesgo a favor de medidas que mejoren la seguridad vial de los ocupantes de los automóviles, por el contrario, las ciudades pueden tratar todos los modos de una manera equitativa y centrarse en los sitios particularmente propensos a producir muertes o lesiones graves.

**Infraestructura y diseño.** Incluye un número de soluciones de ingeniería en pro de la seguridad vial por sección de la red, características del diseño de comunidades que reducen la velocidad de circulación u ofrecen buenas condiciones para desplazarse a pie o en bicicleta, así como el volumen del transporte público, sus servicios y la velocidad promedio de los automóviles por tipo de vía.

**Percepción.** La percepción de la seguridad vial al desplazarse a pie y en bicicleta, el porcentaje de residentes que se sienten seguros al cruzar la calle y el porcentaje de residentes satisfechos con la infraestructura destinada a peatones, ciclistas y al transporte público.

## RECUADRO 1.3 | MIDIENDO LA SEGURIDAD VIAL REAL Y LA PERCIBIDA



Cada dos años la ciudad de Copenhague elabora un informe sobre el uso de la bicicleta en la ciudad. Para el informe se miden diversos factores, desde el número de ciclistas en la ciudad hasta la opinión de los residentes sobre si el sentirse

seguros los llevaría a desplazarse en bicicleta. Un aspecto clave del informe es que hace una distinción entre la seguridad real y la percibida. El informe indica que “la seguridad real se refiere al número de ciclistas implicados en el total de víctimas graves en Copenhague”. La percepción de seguridad se refiere a “la impresión subjetiva de la persona sobre qué tan seguro le parece andar en bicicleta” (City of Copenhagen 2010). De acuerdo con el informe, ambos factores son fundamentales en su esfuerzo por ser la mejor ciudad del mundo para desplazarse en bicicleta y usa estos y otros indicadores clave para hacer un seguimiento del uso de la bicicleta en la ciudad y evaluarlo de forma continua.

Ciudades como Minneapolis y más recientemente Bogotá, han introducido informes sobre el uso de la bicicleta para evaluar y medir el progreso de sus metas. Es posible desarrollar informes similares para evaluar los desplazamientos a pie y la seguridad del peatón, así como para evaluar el rediseño de las calles, como se hizo en el informe *Measuring the Street* de la ciudad de Nueva York.





# ELEMENTOS CLAVE DEL DISEÑO URBANO

Construir ciudades más seguras para los peatones y los ciclistas no solo implica mejorar las calles. El diseño urbano desempeña un papel importante al crear un entorno más seguro para los desplazamientos. Las ciudades pueden facilitar un desarrollo que permita incrementar el número de personas que se desplazan a pie, en bicicleta o en transporte masivo, mientras limita la cantidad de desplazamientos innecesarios en automóvil.

Un diseño urbano más seguro puede ayudar a reducir la velocidad de los vehículos motorizados y brindar a los peatones vías más seguras y fáciles de usar. Mientras más rápido circule un automóvil, le resultará más difícil a su conductor evitar atropellar a un peatón que se encuentre en su camino. Lo mismo ocurre cuando las cuadras son largas pues estas fomentan mayores velocidades vehiculares al poder desplazarse sin interrupciones; los automóviles pueden acelerar con mayor libertad y requieren más tiempo para detenerse. Las cuadras más cortas y calles más angostas permiten reducir la velocidad vehicular, generar condiciones que favorezcan el desplazarse a pie y reducir considerablemente las probabilidades de que ocurran muertes o lesiones de peatones. De acuerdo con algunas investigaciones, los modelos que usan cuadras pequeñas con intersecciones de cuatro ramales pueden ocasionar un mayor número de colisiones viales, pero esta configuración de calles más pequeñas se traduce en menos muertes y lesiones (Dumbaugh y Rae 2009).

La conectividad de la red vial, la cual mide qué tan directas son las rutas de peatones o automóviles, es un elemento clave para el diseño de comunidades. En una red vial más conectada los peatones y los ciclistas encuentran rutas más directas, mientras que las redes desconectadas, que tienen calles sin salida o cuadras muy largas, pueden desalentar los desplazamientos a pie o en bicicleta.

En este capítulo se describen elementos clave específicos de la configuración urbana que pueden resultar en una mayor seguridad vial, especialmente cuando se adoptan en conjunto:

- Tamaño de las cuadras
- Conectividad de las calles
- Ancho de la calzada
- Acceso a los destinos
- Densidad de la población

## RECUADRO 2.1 | PLANIFICACIÓN DE UN ENTORNO SEGURO PARA DESPLAZARSE A PIE Y EN BICICLETA

Las ciudades pueden fomentar el desarrollo de condiciones más seguras para todos los usuarios de la vía mediante una planificación que dé prioridad al transporte masivo, peatones y ciclistas.

**Planes integrales o de largo alcance.** Las ciudades pueden adoptar los principios identificados en este capítulo como parte de su planificación y de las normas que rigen la zonificación, incluyendo normas y expectativas claras y predecibles en cuanto a la seguridad vial de un entorno público de alta calidad, y una jerarquía que priorice a peatones, ciclistas y al transporte masivo.

**Planes de zonas locales.** Las ciudades pueden elaborar planes locales que sirvan de guía para el diseño comunitario y vial de algunos barrios en particular como áreas de estaciones de transporte, corredores viales que fomentan el desarrollo u otras áreas nuevas o existentes de desarrollo urbano.

**Planes de transporte y movilidad.** Los planes de transporte o movilidad de

toda la ciudad pueden tener en cuenta las necesidades de todos los usuarios de las vías si se planifican y se establecen metas en cuanto a la seguridad vial de automóviles, redes ciclistas y peatonales, y servicios de transporte masivo (APA 2006). Estos también pueden establecer metas en cuanto al reparto modal deseado. Varias ciudades han creado sus propios planes específicos para bicicletas o peatones, los cuales pueden establecer una jerarquía en cuanto a los usuarios de la vía y hacer un mapa con las redes actuales y futuras para ciclistas y peatones. Estas pueden cruzar áreas como calles de barrios, vías arteriales, parques, senderos en corredores ferroviarios o costeros, bulevares, calles compartidas, calles solo para peatones y otros espacios públicos que pueden vincularse a una red conectada que permita hacer desplazamientos directos y seguros.

**Plan estratégico de seguridad vial.** Las ciudades pueden crear planes específicos para abordar la seguridad vial mediante un enfoque integral en el cual se plantee que la creación de un sistema seguro es responsabilidad de

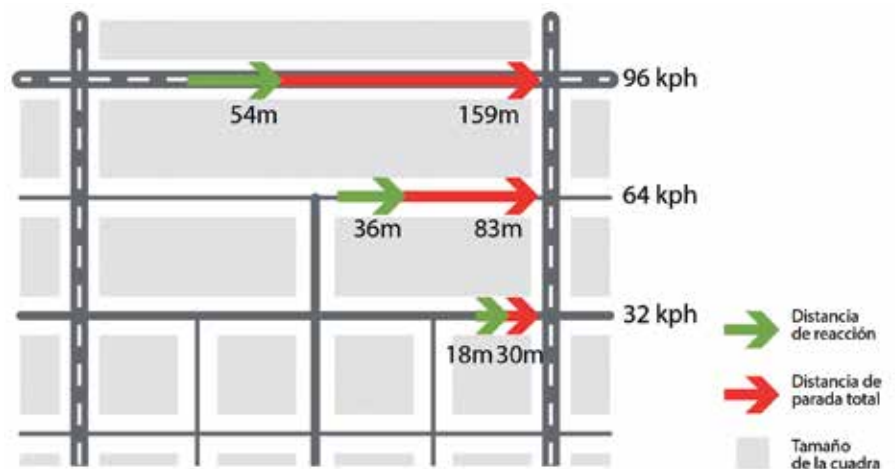
diseñadores y usuarios de la vía. Los planes pueden incluir metas ambiciosas para reducir el número de muertes y lesiones graves a causa del tránsito. Por ejemplo, Copenhague tiene su propio Plan de Seguridad Vial para la ciudad y la ciudad de Nueva York recientemente dio a conocer su Plan de Acción Visión Cero.

**Guías sobre el diseño vial.** Muchas ciudades crean sus propios planes maestros para peatones y ciclistas junto con un conjunto de lineamientos sobre el diseño vial adaptado al contexto local. En esta guía se muestra un panorama general de las diferentes herramientas que las ciudades pueden usar para diseñar ciudades más seguras; las cuales también pueden generar una guía específica en virtud de sus problemas, necesidades, oportunidades y fortalezas. Guías específicas como el *Urban Street Design Manual de Abu Dabi* o la *Street Design Guide de la ciudad de Nueva York* son ejemplos que suministran información detallada sobre varios temas desde el diseño básico de aceras hasta medidas de tránsito calmado, carriles para bicicletas y mobiliario urbano.

## 2.1 TAMAÑO DE LAS CUADRAS

Las cuadras más largas permiten que los vehículos motorizados circulen a mayor velocidad, lo que implica un mayor riesgo para los peatones.

Las cuadras largas no son seguras para los peatones. Por lo general solo tienen cruces peatonales en las intersecciones, por lo que indirectamente fomentan al peatón a cruzar a mitad de cuadra. Además, fomentan mayores velocidades por parte de los vehículos motorizados pues tienen menos intersecciones que interrumpen su recorrido. El tener más intersecciones implica tener más lugares donde los automóviles deban detenerse y los peatones pueden cruzar.



Nota: Se asumen 2 segundos como tiempo de reacción y una tasa de desaceleración vehicular de 3.4 m/s<sup>2</sup>.

### Principios

- Para tener un alto grado de idoneidad para peatones se aconseja tener cuadras con una longitud de 75 a 150 metros.
- En el caso de cuadras hechas a escala de automóviles (de 200 a 250 metros) o supercuadras (800 metros o más), se recomienda situar cruces y pasos peatonales cada 100 o 150 metros, ya sea con semáforos, anteponiendo reductores de velocidad o cruces elevados.

### Beneficios

- Las cuadras más cortas reducen el incentivo de cruzar la calle a mitad de cuadra ya que la distancia hasta la intersección más cercana es menor.
- Las cuadras más cortas y las paradas frecuentes en intersecciones reducen la velocidad vehicular.
- Las cuadras más cortas y comunidades compactas ayudan a reducir la distancia que debe recorrerse para acceder al trabajo, servicios públicos y lugares de entretenimiento, dado que hay más atajos en todas las direcciones. Esto favorece los desplazamientos a pie o en bicicleta y reduce al mínimo la dependencia del automóvil.

### Uso

- Se pueden agregar calles para reducir la longitud de las cuadras. En cuadras más largas puede considerarse la posibilidad de ubicar pasos peatonales u otros mecanismos de conexión para peatones y ciclistas.
- Se deben ofrecer diseños más seguros para las intersecciones y cruces en forma T a fin de reducir los conflictos, pues en las intersecciones de cuatro ramales existen más probabilidades de que ocurran colisiones del tránsito.
- Para zonas recién construidas se recomiendan cuadras de menor tamaño. Los códigos de zonificación podrían requerir cuadras más cortas y una jerarquía vial.

### Evidencia

- En China se ha demostrado que las cuadras largas o supercuadras, características de su configuración urbana, promueven el cruce peatonal a mitad de cuadra en las vías arteriales convirtiéndolas en zonas de alto riesgo en cuanto a siniestros de peatones (Tao, Mehndiratta y Deakin 2010).
- En Guadalajara, México, las pruebas indican que existe una relación significativa entre la longitud total de todos los acercamientos a las intersecciones y el número de colisiones con muertos y heridos en las intersecciones (Duduta, Lindau y Adriaola-Steil 2013).
- Diversas investigaciones muestran que si bien las cuadras más cortas pueden causar un mayor número de colisiones de tránsito (sin tomar en cuenta otros diseños viales), en ellas ocurren menos muertes y lesiones debido a que la velocidad vehicular es menor (Dumbaugh y Rae 2009).



Figura 2.1 | Tamaño de las cuadras

Las cuadras más cortas en las zonas centrales de Shanghai fomentan una red vial que facilita el desplazamiento a pie, en contraposición con las enormes supercuadras en las cuales los vehículos pueden alcanzar mayores velocidades, lo que se traduce en cruces más peligrosos a mitad de cuadra por peatones.

## 2.2 CONECTIVIDAD

La conectividad se refiere a la densidad de conexiones en una red vial y evalúa qué tan directas son. Una red con alta conectividad tiene muchas conexiones cortas, numerosas intersecciones y pocas calles sin salida. A medida que la conectividad aumenta se disminuye la distancia de los recorridos y se incrementan las opciones de ruta, lo que permite viajes más directos entre destinos y genera una mayor accesibilidad (Victoria Transport Policy Institute 2012). La conectividad afecta la necesidad de desplazarse de un lugar a otro y el atractivo de hacerlo a pie y en bicicleta.



Comparación de una zona con un radio de 800 metros —zona de captación a pie— en diferentes configuraciones de conectividad vial (red compacta frente a un suburbio extendido).

### Principios

- Deben crearse múltiples conexiones para peatones y ciclistas a través de una red vial interconectada.
- Las nuevas subdivisiones deben basarse en el movimiento de peatones y ciclistas antes de que se establezca la configuración de la red vial.
- Las vías de acceso deben conectarse con vías arteriales para permitir viajes de mayor distancia, algo pertinente particularmente para los ciclistas.
- Debe existir un equilibrio entre el diseño diferenciado por función, por clasificación “asociada a la velocidad” o por accesibilidad reducida, especialmente en las áreas residenciales.

### Beneficios

- Una red vial densa permite dispersar el tránsito en vez de concentrarlo en vías arteriales. De esta manera, el tránsito se distribuye de mejor manera y puede ajustarse según sea necesario.
- Una mayor conectividad busca de forma activa desalentar el uso del automóvil al procurar que los desplazamientos a pie sean más fáciles y agradables.
- Una red conectada tiene más intersecciones, lo que facilita llegar a un destino siguiendo una ruta relativamente directa (Frumkin, Frank y Jackson 2004).

### Uso

- Entre mayor densidad de ocupación y mayor uso mixto del suelo debe existir una mayor conexión entre vías.
- En zonas de la ciudad carentes de conectividad puede considerarse la posibilidad de hacer nuevas calles o vías de acceso para tener más rutas que se puedan realizar a pie.
- En una situación ideal, la configuración de las calles debe ofrecer un alto nivel de conectividad que priorice las rutas directas a pie y limite el número de intersecciones de cuatro ramales que tienen más puntos de conflicto. En las configuraciones tipo cuadrícula es posible usar medidas de tránsito calmado y desvío del tránsito para lograr este efecto.

### Evidencia

- Algunos análisis realizados indican que la conectividad es uno de los factores más importantes para fomentar los desplazamientos a pie y reducir el número de viajes en automóvil (Ewing y Cervero 2010).
- Se ha demostrado que las intersecciones de tres y cuatro ramales tienen mayor frecuencia de colisiones aunque tengan un menor número de muertes y lesiones graves. La situación podría mejorar si se adoptan medidas apropiadas para calmar el tránsito, lo que se traduciría en un sistema más seguro en general (Dumbaugh y Rae 2009).



Figura 2.2 | **Conectividad**

En Ciudad de México muchos barrios mantienen un diseño colonial con una red vial conectada, por lo que el caminar es más directo y conveniente.

## 2.3 ANCHO DE LA CALZADA

El ancho de la calzada se refiere a la distancia entre los dos bordillos de la acera, en caso de que no existan bordillos, es el espacio entre borde y borde de la calzada. El ancho disponible para vehículos motorizados influye significativamente en la distancia de los pasos peatonales y en el espacio potencialmente disponible para otros usos, como carriles para bicicletas, carriles de estacionamiento o estrechamientos de la calzada con paisajismo. Esto no tiene relación con la distancia entre edificios o el derecho de paso público, incluyendo aceras y otras áreas no destinadas a los vehículos.



Ilustración que muestra los diferentes aspectos del ancho de la calle.

### Principios

- El ancho de la calzada debe minimizarse para dar prioridad a los peatones.
- Siempre que sea posible deben crearse aceras en ambos costados de la calzada.
- Debe proporcionarse un ancho apropiado según la función de las edificaciones y el uso del suelo.
- Se requiere un ancho mínimo de la calle para brindar apoyo a todos los usuarios de la vía.

### Beneficios

- La reducción del ancho de la calzada recorta la distancia del paso peatonal y la exposición a los automóviles.
- Las calles más estrechas desaceleran el tránsito porque los conductores perciben mejor los elementos que impiden el movimiento, esto aminora la severidad de las colisiones.
- El estacionamiento en vía y los árboles reducen visualmente el ancho de la calzada, lo que puede ayudar a disminuir la velocidad vehicular.

### Uso

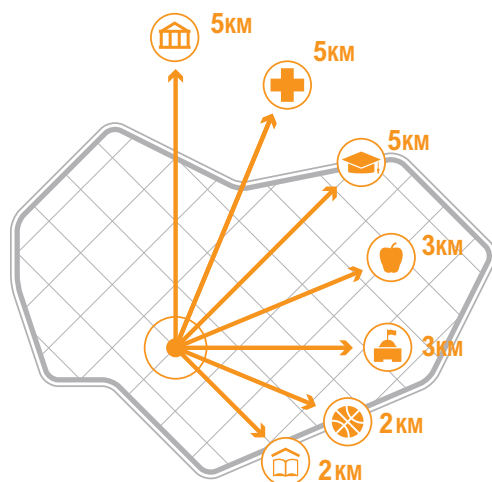
- Una jerarquía vial puede establecer normas, en cuanto al ancho de la calzada, en un código o un reglamento de la ciudad (este puede ser modificado para reflejar diseños más seguros).
- En aquellos lugares donde los propietarios de edificaciones privadas controlan las aceras, se puede intentar hacerlos responsables del diseño y el mantenimiento de las aceras según los reglamentos de la ciudad o que estas pasen a ser responsabilidad de la ciudad.
- Los estrechamientos de calzada pueden reducir el ancho de los pasos peatonales y el tiempo necesario para cruzar la calle.
- Los semáforos deben dar tiempo suficiente para que los peatones crucen la calle.
- En calles más estrechas debe prestarse particular atención a los ciclistas.

### Evidencia

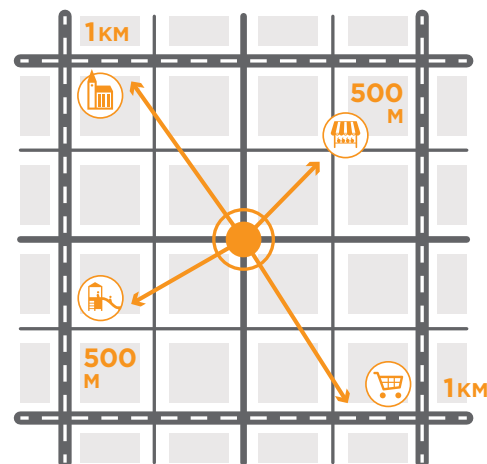
- En Ciudad de México se ha demostrado que si la distancia máxima de un paso peatonal aumenta en un metro, la frecuencia de peatones atropellados crece hasta en un 3% (Duduta et al. 2015). El añadir un carril adicional (otra forma de medir el ancho de la calzada) también incrementa el número de colisiones independientemente de la gravedad (Duduta et al. 2015).
- Los factores más relacionados con las lesiones de tránsito son el ancho y la curvatura de la calzada. El número de colisiones al año por milla incrementa de manera exponencial al aumentar el ancho de una calzada. El ancho de la calzada más seguro en una zona residencial es de 7,5 metros (Swift, Painter y Goldstein 1997).

## 2.4 ACCESO A DESITINOS

Los destinos o puntos de interés de los peatones por lo general son lugares que las personas encuentran útiles o interesantes, o bien, sitios donde se concentra el empleo, el comercio minorista y el ocio. Se recomienda crear redes de alta calidad, en particular entre destinos clave como zonas residenciales, escuelas, áreas comerciales, paradas de autobuses, estaciones de transporte público y lugares de trabajo.



Destinos y puntos de interés.



### Principios

- Los barrios deben ser diseñados de tal forma que incluyan al transporte público, parques, escuelas, tiendas y otras actividades que estén a poca distancia a pie, considerando una zona de captación de 500 metros para estas actividades.
- El diseño debe complementarse con rutas seguras a destinos cercanos (como escuelas, parques y establecimientos minoristas) para peatones y ciclistas.
- Proporcionar densidades residenciales que apoyen servicios locales (30 viviendas/hectárea pueden mantener servicios locales a distancias que se pueden recorrer a pie).

### Beneficios

- La variedad y concentración de destinos en zonas y barrios de una ciudad alientan a las personas a conocerse entre sí y a usar los establecimientos y servicios públicos cerca de sus casas, lo que implica un ahorro de tiempo y dinero.
- Los usos mixtos pueden mejorar la vitalidad de una calle. La iluminación, el uso flexible de las edificaciones y la prevención de delitos por medio del diseño urbano, promueven aun más las actividades nocturnas.
- Sentido de apropiación y responsabilidad ciudadana por el espacio público (Tolley 2003).

### Uso

- En los centros urbanos y en otras zonas comerciales los autobuses y tranvías deben tener la habilidad de recoger y dejar pasajeros lo más cerca posible a destinos principales.
- La planificación urbana puede establecer metas en cuanto al acceso al transporte público, los parques y el comercio minorista.

### Evidencia

- Un estudio realizado en 448 condados y 101 áreas metropolitanas estadounidenses estableció que existe una relación directa entre la expansión urbana —que normalmente se refiere a áreas diseñadas en función del automóvil donde se recorren distancias más largas para acceder a los destinos— y las muertes por siniestros tránsito (Ewing, Shieber y Zegeer 2003).
- Según un análisis sobre los desplazamientos y el entorno construido, existe una fuerte relación entre el número de kilómetros-vehículo recorridos y los indicadores de accesibilidad a los destinos, lo cual quiere decir que el aumentar la accesibilidad a los destinos puede reducir el uso del automóvil y mejorar la seguridad vial en general (Ewing y Cervero 2010).

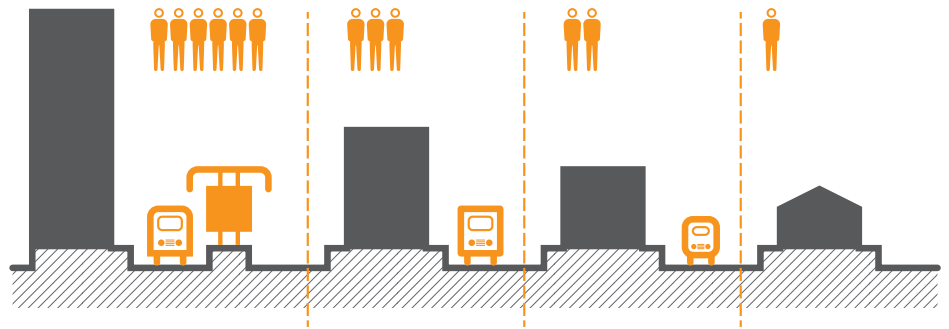


Figura 2.4 | Acceso a los destinos

En el barrio de Coyoacán, en Ciudad de México, cafés, tiendas y espacios públicos cercanos fomentan los desplazamientos a pie y reducen la necesidad de usar el automóvil.

## 2.5 DENSIDAD DE LA POBLACIÓN

La densidad de población hace referencia a los habitantes durante el día y la noche por kilómetro cuadrado (u otra unidad de área). Este concepto no está directamente vinculado a la seguridad vial pero puede complementar otros factores relacionados con el diseño. Ubicar a las personas a una distancia donde pueden caminar a los servicios, instalaciones públicas y el transporte masivo puede ayudar a reducir la necesidad de uso del automóvil.



Mayor densidad poblacional facilita la implantación de transporte masivo. Este a su vez, refuerza las oportunidades de desarrollo inmobiliario.

### Principios

- La densidad de población por sí misma no es un indicador de seguridad vial en las ciudades pero puede usarse con otros elementos relacionados con el diseño de comunidades, mencionados en esta guía, para fomentar los desplazamientos a pie y en bicicleta, y reducir los desplazamientos en automóvil.
- Las comunidades con mayor densidad de población deben adoptar los principios de un diseño vial seguro que proteja a peatones y ciclistas.
- La aplicación de los Principios puede enfocarse a las áreas circundantes a estaciones y corredores de transporte masivo, especialmente dentro de la zona de influencia de las estaciones (el área a un máximo de 500 metros de cada estación).

### Beneficios

- Genera demanda y apoya al transporte masivo, parques, comercio minorista y servicios.
- La necesidad de contar con más infraestructura—como vías y sistemas de alcantarillado—es menor en áreas con alta densidad de población a comparación de sectores más suburbanos.
- Ayuda a reducir el uso del automóvil e incentiva los recorridos a pie o en bicicleta.

### Uso

- La densidad de población y de vivienda debe combinarse con otros elementos de la configuración urbana como la conectividad vial, proximidad al destino y el uso mixto del suelo, de no ser así, la densidad puede contribuir a condiciones menos seguras al no complementar la concentración de personas con medidas que reduzcan velocidades vehiculares y promuevan los recorridos a pie.
- Puede que los planes locales y códigos reglamentarios necesiten ser ajustados para acomodar la densidad de población deseada.

### Evidencia

- En un estudio realizado en 448 condados y 101 áreas metropolitanas de Estados Unidos se estableció que existe una relación directa entre la expansión urbana—que normalmente se refiere a áreas que no tienen una configuración urbana compacta—y las muertes por siniestros de tránsito (Ewing, Shieber y Zegeer 2003).
- Según un estudio realizado por Dumbaugh y Rae (2009) el aumento de 100 personas por milla cuadrada en densidad de población, se traduce en una reducción del 6% en el número de colisiones con lesionados y en un 5% en el número global de colisiones, después controlar los kilómetros-vehículo recorridos, la conectividad vial y el uso del suelo.
- De acuerdo al análisis de 10 estudios independientes, la densidad poblacional y residencial está vinculada a un mayor número de desplazamientos a pie y en transporte público, así como a un menor uso del automóvil (Ewing y Cervero 2010).



Figura 2.5 | **Densidad de la población**

Estación Shibuya. En Tokio se han establecido áreas de alta densidad residencial y comercial alrededor de estaciones de tren y otras estaciones de transporte masivo lo cual disminuye el uso del automóvil. Tokio tiene una de las tasas más bajas de muertes por siniestros de tránsito en el mundo.





# MEDIDAS DE TRÁNSITO CALMADO

Cuando los automóviles circulan a menor velocidad—especialmente cuando circulan a menos de 35 km/h—se reduce riesgo de fatalidades de una forma significativa (Rosen y Sander 2009). El generar calles más seguras cuando hay automóviles implica equilibrar la tensión inherente que existe entre la velocidad vehicular y la seguridad vial de peatones, ciclistas y ocupantes de los automóviles (Dumbaugh y Li 2011).

Se ha determinado que diversas intervenciones relacionadas con el diseño vial reducen la velocidad vehicular y mejoran la seguridad vial. La mayoría de acciones conocidas como medidas para “calmar el tránsito” también permiten mejorar la estética visual de las calles (Bunn et al. 2003).

Las medidas presentadas en este capítulo implican una alteración del trazado o de la geometría de las vías realizado con el fin de desacelerar el tránsito de manera activa o pasiva. Estas medidas pueden traducirse en conductores más atentos, menores velocidades vehiculares, menor número de colisiones, mejores condiciones para montar en bicicleta y mayor tendencia a ceder el paso a peatones. También se ha demostrado que estas intervenciones mejoran la seguridad vial en las ciudades en desarrollo como Pekín (Changcheng et al. 2010). Estas medidas son particularmente importantes en los alrededores de zonas comerciales, escuelas, parques y áreas recreativas, lugares de culto, y centros comunitarios, y pueden aplicarse como una cadena de medidas conocidas como zonas extendidas de tránsito calmado.

El tránsito calmado puede complementar otras medidas, consideradas en esta guía, relacionadas con vías arteriales, condiciones para el desplazamiento a pie y en bicicleta, y el diseño de comunidades. Por ejemplo, menores velocidades vehiculares pueden generar diversas oportunidades vinculadas al diseño como calles compartidas, plazas en calzada, aceras más amplias, carriles para bicicletas, entre otros. Se destaca también que diseñar en función de los peatones y ciclistas crea oportunidades para reducir las velocidades vehiculares.

Entre las medidas de tránsito calmado presentadas en este capítulo se encuentran:

- Reductores de velocidad
- Reductores de velocidad tipo cojín
- Chicanas
- Estrechamientos de calzada
- Extensiones de acera
- Pasos peatonales elevados
- Mini-glorietas
- Glorietas

### 3.1 REDUCTORES DE VELOCIDAD

Los reductores de velocidad son elevaciones de la calzada que permiten reducir la velocidad vehicular a una cifra determinada (dependiendo de su altura y longitud). A menudo se diseñan como parte de un círculo, un trapecio o una curva sinusoidal. Pueden diseñarse apuntando a una velocidad de tránsito determinada y no se limitan a calles poco transitadas. Lo ideal es que permitan a los automóviles desplazarse a una velocidad prevista de forma constante lo largo de una vía, y no que los automóviles estén desacelerando y acelerando antes y después de cada reductor.



#### Principios

- La velocidad del tránsito que circula sobre un reductor de velocidad está determinada por sus características geométricas: los que tienen una relación área-ancho más alta tienen un mayor impacto en la velocidad (véase Figura 4.2).
- La longitud de los reductores de velocidad normalmente oscila entre 3,7 y 4,25 metros, y la altura, entre 7,5 y 10 cm.
- A menudo se colocan en serie de 100 a 170 m de distancia.
- De estar en serie, deben tener la distancia adecuada para que los conductores mantengan una velocidad constante y para evitar el ruido de los frenos y el acelerador cada vez que los conductores se acercan y se alejan de un reductor de velocidad.
- Los reductores de velocidad deben estar debidamente marcados (la señalización es opcional). Como mínimo, debe existir una señal de advertencia antes del primero de una serie.
- La rampa y la superficie de reductores construidos como pasos peatonales elevados deben ser nivelada.

#### Beneficios

- Reducen la velocidad vehicular y mejoran la seguridad vial en pasos peatonales y de ciclistas.
- Son de bajo costo y requieren un mantenimiento mínimo.

#### Uso

- Los reductores de velocidad se usan con frecuencia en vías locales y residenciales para reducir la velocidad vehicular pero también pueden ser implementados en vías arteriales.
- No deben usarse si su visibilidad es limitada o si la vía tiene una pendiente muy pronunciada.
- Son más apropiados a mitad de cuadra que en intersecciones, a menos que se diseñen como un paso peatonal elevado.
- Pueden considerarse como parte de un conjunto de medidas para calmar el tránsito en toda una zona.
- Si se colocan en vías donde pasan rutas de autobuses, debe tenerse en cuenta la comodidad de los pasajeros. En este caso los reductores de velocidad tipo cojín son una alternativa ya que permiten el paso de autobuses con un mínimo de molestias para los pasajeros.

#### Evidencia

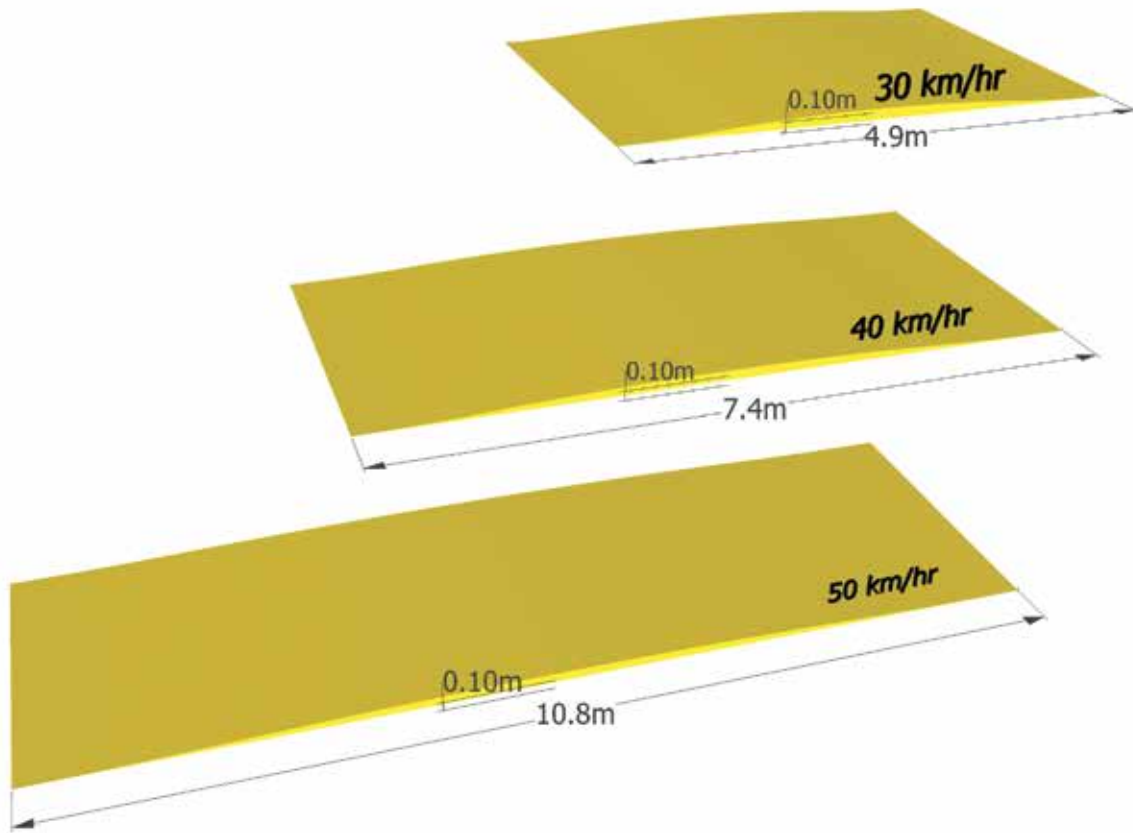
- De acuerdo a varios estudios realizados en Noruega los reductores de velocidad disminuyen el número de lesiones resultantes de colisiones viales, dada cierta cantidad de tránsito, en alrededor de 50%.
- También reducen el volumen del tránsito. Diversos estudios revelan que, en promedio, la congestión disminuye alrededor de un 25%.
- En promedio los reductores de velocidad recién instalados reducen la velocidad media de circulación de 36,4 a 24,4 km/h (Elvik, Hoye y Vaa 2009)



Figura 3.1.1 | **Reductores de velocidad**

Un reductor de velocidad en Ciudad de México desacelera el tránsito de una zona escolar.

Figura 3.1.2 | Los reductores de velocidad pueden ser diseñados para diferentes velocidades



## 3.2 REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO COJÍN

Los reductores de velocidad tipo cojín son utilizados para desacelerar el tránsito, son reductores de velocidad más angostos ubicados a lo ancho de la calzada con espacio entre ellos. De esta manera, los automóviles se ven obligados a desacelerar pero los vehículos más grandes—como los autobuses o las ambulancias—pueden pasarlos sin problema pues no obstaculizan su paso.



Los reductores de velocidad tipo cojín permiten el paso de los vehículos de eje ancho como los autobuses sin incomodar a los pasajeros.



### Principios

- Los reductores de velocidad tipo cojín, que pueden ser de forma cuadrada o rectangular, son más angostos que el carril de circulación.
- El diseño básico de los reductores de velocidad tipo cojín es muy similar al de los reductores regulares, a excepción de las modificaciones hechas para permitir el paso de vehículos más grandes. El ancho de cada almohada se diseña específicamente para que los vehículos de emergencia o los autobuses, que tienen un eje más ancho, puedan pasar libremente, y para que los vehículos particulares, más pequeños, pasen sobre la parte elevada.

### Beneficios

- Desaceleran la velocidad de los automóviles y ayudan a reducir el número y la gravedad de las colisiones.
- La separación entre cojines evita daños a vehículos de emergencia y autobuses.
- Son menos costosos que los reductores de velocidad y, según la mayoría de ciudades, son igual de eficaces.
- Son fáciles instalar, eliminar y mantener. Algunos vienen prefabricados.

### Uso

- Pueden diseñarse para velocidades de 20 a 50 km/h.
- Los reductores de velocidad y almohadas permanentes por lo general se hacen en asfalto. Los modelos de goma son temporales y se pueden eliminar o reemplazar fácilmente.
- Se recomienda instalarlos en calles residenciales, así como en zonas escolares y cerca a parques infantiles, para disminuir la velocidad de los automóviles e incrementar la seguridad.

### Evidencia

- En Estados Unidos se ha demostrado que los reductores de velocidad tipo cojín presentan una eficacia similar, en cuanto al control de la velocidad, a los reductores regulares con la misma altura y longitud.
- La presencia de reductores de velocidad tipo cojín tiene poco efecto sobre el control de la velocidad de vehículos motorizados de dos ruedas los cuales pueden pasar entre ellos (Berthod 2011).



Figura 3.2 | **Reductores de velocidad tipo cojín**

Resalto tipo cojín en París, Francia desacelera el tránsito antes de una intersección, lo cual se brinda mayor protección a los peatones.

### 3.3 CHICANAS

Las chicanas son carriles curvos artificiales creadas para desacelerar el tránsito. El ancho de la calzada se reduce, a un lado o en ambos lados, siguiendo un patrón escalonado que no permite a los conductores manejar en línea recta con lo que se reduce la velocidad del tránsito en calles de uno o dos carriles.



#### Principios

- Un enfoque sencillo consiste en alternar los espacios de estacionamiento en vía de un lado y otro en calles de un solo carril. Esto puede combinarse con el estrechamiento de calzadas y cruces elevados.
- En calles de dos carriles, como en una vía arterial en una zona residencial, se pueden diseñar chicanas escalonadas usando espacios de estacionamiento, medianas y carriles centrales para giros en diversas secciones.

- Es importante proporcionar suficiente espacio para peatones y ciclistas.
- El paisajismo debe diseñarse de manera que no perturbe la visibilidad a los conductores.

#### Beneficios

- La chicana obliga a los conductores a manejar más lentamente y estar más conscientes del entorno, en particular cuando se encuentran a mitad de cuadra.
- Permiten embellecer y agregar vegetación al paisaje urbano, con lo cual se mejora la calidad ambiental.
- Tiene una repercusión mínima en los vehículos de respuesta a emergencias en comparación con los reductores y otros cambios en la alineación vertical de la calzada.

#### Uso

- Pueden ser útiles para incrementar la seguridad peatonal en calles rectas con cuadras largas si son combinadas con cruces a mitad de cuadra.
- Son útiles en vías arteriales que pasan por zonas residenciales o de uso mixto donde se requieren velocidades más seguras.
- Las bicicletas pueden tener un espacio separado al lado de la acera.
- Los vehículos grandes, y en particular los autobuses, pueden pasar por las chicanas; de hecho, las paradas de autobuses pueden usarse como parte de la medida de reducción de velocidad.

#### Evidencia

- Los datos disponibles relativos al uso de las chicanas indican que estas reducen las colisiones con heridos (54%) y la gravedad de los siniestros (UK Department for Transport 1997).



Figura 3.3 | **Chicanas**

Una chicana en Estambul, Turquía crea una calle más segura al escalonar el espacio para estacionar los automóviles a cada lado de la calle, y permite agregar vegetación para mejorar la estética.

## 3.4 ESTRECHAMIENTOS DE CALZADA

Los estrechamientos de calzada (chokers) recortan el ancho de una calle al ampliar las aceras o colocar tramos con vegetación, lo cual crea un punto de restricción a lo largo de la calle. De esta manera se reduce el ancho de la calzada, la velocidad de los vehículos y la distancia de paso peatonal.



### Principios

- Los estrechamientos de calzada pueden realizarse en ambos lados de la calzada o ampliando significativamente uno de los lados a mitad de cuadra.
- En un barrio residencial se puede reducir una calle de dos carriles a un solo carril estrechando la calzada, lo que obliga a unos conductores a ceder el paso a otros. Para que esto funcione de una manera eficaz, el carril de circulación debe ser lo suficientemente estrecho como para que no pasen dos automóviles a la vez; por lo general, se logra con un carril de 3,5 a 3,75 metros de ancho.
- Pueden combinarse con estacionamiento en la calzada, como sería el caso en una calle de sentido único con un estrechamiento de calzada que reduzca la vía visual y físicamente.
- Cuando el espacio lo permita, pueden usarse diseños más funcionales en la acera ampliada, como elementos paisajísticos o mobiliario urbano útil para la comunidad (por ejemplo, bancas o los estacionamientos para bicicletas).

### Beneficios

- Menores velocidades en un punto medio de la cuadra pueden mejorar la seguridad de los pasos peatonales.
- Permite hacer ajustes a mitad de cuadra en calles excesivamente anchas.
- El estrechamiento de calzada permite agregar espacio a la acera, valerse de vegetación para crear diseños paisajísticos o instalar mobiliario urbano.
- Aminoran el tránsito de conductores que toman atajos por calles de menor tránsito.
- Reducen la distancia del paso peatonal a mitad de cuadra.

### Uso

- Los estrechamientos de calzada solo son apropiados para calles de poco tránsito donde los automóviles circulan a poca velocidad.
- Se debe evitar que el mobiliario urbano y el paisajismo impidan a los conductores ver a los peatones.



Figura 3.4 | Estrechamientos de calzada

Los estrechamientos de calzada en Londres solo dejan un carril de circulación para los conductores, por lo cual deben reducir la velocidad. Estos tienen a ser más amplios que en las intersecciones; normalmente tienen como objetivo desacelerar el tránsito más que reducir la distancia del paso peatonal.

- Antes de determinar el ancho de la calle debe consultarse al departamento de bomberos y al departamento de recolección de basura para asegurarse de que sus vehículos puedan circular sin problema.
- También se debe considerar cómo van a circular las bicicletas por el área, por ejemplo, creando un carril para bicicletas entre el estrechamiento de calzada y la acera.

### Evidencia

- En promedio, la velocidad de los automóviles se ha reducido en un 4% al estrechar la calzada en vías de dos carriles y en un 14% en las calles de un solo carril (Institute of Transportation Engineers 2013).
- El volumen de tránsito ha registrado una pequeña disminución en calles de dos carriles y una reducción de un 20% en calles de un carril (Institute of Transportation Engineers 2013).

## 3.5 EXTENSIONES DE ACERA

Las extensiones de acera usualmente son usadas en intersecciones y permiten visibilizar mejor a los peatones y reducir la distancia del cruce peatonal. El expandir la acera para ocupar el carril adyacente al tránsito (normalmente un carril de estacionamiento), ya sea en una esquina o a mitad de cuadra, puede reducir la velocidad de los vehículos que giran en la esquinas y brindar protección a los peatones.



### Principios

- El ancho del tramo de acera ampliado normalmente es un poco menor al ancho del carril de estacionamiento.
- Si el espacio lo permite pueden usarse diseños más funcionales, por ejemplo, siempre que sea posible pueden incorporarse elementos paisajísticos o mobiliario urbano como bancos para sentarse o estacionamiento para bicicletas.
- Debe garantizarse que los ángulos entre los automóviles que giran y los ciclistas les permitan hacer contacto visual.
- Debe identificarse en qué lugares pueden eliminarse espacios y carriles destinados al estacionamiento—o reducir su número— para permitir una expansión de las aceras.



Figura 3.5 | Extensiones de acera

Una extensión de acera en una calle de un solo sentido en Joinville, Santa Catarina (Brasil), acorta la distancia del paso peatonal, crea infraestructura con vegetación que permite la captura de las aguas pluviales y embellece la calle.

### Beneficios

- Calman el tránsito al reducir el ancho de la calzada físicamente y visualmente.
- Disminuyen la velocidad de los vehículos que giran en las intersecciones y recortan la distancia de los pasos peatonales, lo que reduce la exposición de peatones y el tiempo de los semáforos.
- Crean espacios que pueden ser utilizados para ubicar mobiliario urbano, estacionamiento para bicicletas, etc.
- Evitan, por medios físicos, que los conductores se estacionen de forma ilegal en intersecciones y pasos.

### Uso

- Las extensiones de acera deben usarse en intersecciones con un carril de estacionamiento y paradas de autobuses cercanas.
- Pueden ubicarse a mitad de cuadra pues brindan una oportunidad para mejorar los pasos peatonales en estos lugares.
- Pueden usarse para el paisajismo o el control de aguas, pero debe prestarse especial atención para evitar que el mobiliario urbano o los elementos del paisajismo impidan que los conductores vean a los peatones.
- No pueden usarse donde existan carriles de tránsito adyacentes a la acera (incluido para el tránsito de autobuses, bicicletas o el tránsito en general), como los que se crean mediante restricciones al estacionamiento de vehículos en horas pico.
- Se recomienda extender las aceras para ampliar el espacio peatonal y proporcionar espacio para asientos y paisajismo.

### Evidencia

- Varias ciudades latinoamericanas muestran que la probabilidad de que ocurran colisiones y atropellos aumenta en 6% por cada metro adicional de distancia en los pasos peatonales (Duduta et al. 2015).



## 3.6 INTERSECCIONES Y PASOS ELEVADOS

Los pasos elevados son elevaciones de calzada que reducen la velocidad vehicular en puntos donde cruzan los peatones, ya sea en una intersección o a mitad de cuadra. En las intersecciones elevadas la calzada se nivela con la altura acera circundante y se construyen rampas como acceso a la zona elevada. Las intersecciones elevadas pueden combinarse con extensiones de acera, así como bolardos en el bordillo, para separar a los peatones de los vehículos.



### Principios

- Las rampas de acceso que se crean para el tránsito motorizado pueden tener distintos grados de inclinación dependiendo de la velocidad que se prevea para los vehículos que circulen por la vía, pero normalmente llegan a la misma altura del bordillo.
- Para llamar la atención de los usuarios debe usarse un material diferente.
- Las intersecciones y cruces elevados deben tener señales de advertencia y la señalización correspondientes en calzada.

### Beneficios

- Elevar la calzada al inicio de una intersección ayuda a reducir la velocidad vehicular.
- Los cruces elevados a mitad de cuadra obligan a los conductores a desacelerar, aumentando así la seguridad vial de los peatones que cruzan la calle.
- Los conductores son más conscientes de los cruces peatonales.
- Visualmente las intersecciones se convierten en zonas orientadas al peatón.
- Favorecen el uso de la bicicleta.
- Mejoran el ambiente peatonal y la seguridad al cruzar.

### Uso

- Son ideales para intersecciones controladas con señales de pare, con un alto volumen peatonal y donde se desee reducir la velocidad de los vehículos, como en zonas donde hay paradas de transporte público o escuelas, o bien en zonas comerciales y residenciales.



Figura 3.6 | **Intersecciones y pasos elevados**

Un cruce elevado en Bogotá ayuda a dar prioridad a los peatones y los protege de los vehículos que giran hacia una vía arterial. Este tipo de medida es útil en las intersecciones de arterias y calles locales, y puede combinarse con carriles para bicicletas.

- También pueden usarse en intersecciones controladas con señales de pare que tienen altas tasas de atropellos o problemas por exceso de velocidad.
- Son adecuadas para calles que cruzan vías arteriales con el fin de desacelerar el tránsito que entra y sale de la vía, y priorizar el movimiento seguro de los peatones.

### Evidencia

- Normalmente la velocidad vehicular a mitad de cuadra se reduce hasta un 10% (Institute of Transportation Engineers 2013).

### 3.7 MINI-GLORIETAS

Las mini-glorietas son islas centrales que usualmente tienen forma circular y se encuentran en el medio de una intersección. Por lo general, los automóviles que entran a la mini-glorieta deben cambiar de dirección y velocidad para evitar la isla central, lo cual crea un flujo circular en una dirección. En la mayoría de los casos, las mini-glorietas reemplazan los semáforos que regulan el flujo vial en otras intersecciones.



#### Principios

- Las mini-glorietas deben diseñarse de acuerdo a las características geométricas de la intersección.
- Deben ser lo suficientemente grandes como para que los vehículos que entren en la intersección desaceleren y cambien de carril, pero sin alterar de manera significativa el trayecto de circulación de peatones o ciclistas.
- Deben contar con espacio suficiente para cruces peatonales, los cuales deben tener un trayecto lineal.
- Su diseño debe permitir que los vehículos más grandes circulen por el carril externo.
- Deben incluir señalización para indicar la dirección de circulación y mostrar claramente que hay una mini-glorieta.

#### Beneficios

- Las mini-glorietas son eficaces para reducir la velocidad del tránsito en las intersecciones, así como el número y gravedad de las colisiones.
- Son más apropiadas para las calles con un carril en cada dirección pero causan problemas si son usadas en calles de varios carriles.
- Las mini-glorietas tienen un efecto global del tránsito a lo largo de un corredor vial, especialmente cuando se instalan en serie.
- Mejoran la eficiencia del flujo vehicular en los cruces donde hay un alto número de giros a la izquierda.
- Mejoran el entorno de la comunidad por el paisajismo dentro de área central.

#### Uso

- Las mini-glorietas tienen a usarse en áreas con menor capacidad.
- A menudo se usan en ciudades con cuadrículas viales. También pueden usarse para crear calles compartidas con bicicletas.

#### Evidencia

- De acuerdo con un estudio realizado entre 1991 y 1994 en el cual se examinaron 119 mini-glorietas en zonas residenciales de Seattle, el número de colisiones notificadas en estas áreas descendió de 187, antes de la instalación de mini-glorietas, a 11 después de su instalación, y el número de lesiones pasó de 153 a 1 en el mismo período (Mundell 1998).



Figura 3.7 | **Mini-glorietas**

Una mini-glorieta ubicada en Hipódromo, un barrio de Ciudad de México, disminuye la velocidad del tránsito, da espacio para la vegetación y reduce el número de puntos de conflicto al eliminar los giros a la izquierda.

## 3.8 GLORIETAS

Las glorietas reducen el número de puntos de conflicto en intersecciones de cuatro ramales y desaceleran el tránsito. Una glorieta es una intersección vial con tránsito circundante. El tránsito que pasa por la intersección gira hacia la izquierda (en países donde se conduce a la derecha) alrededor de una isla de tránsito circundante ubicada en el centro.



### Principios

- Normalmente se usan para reemplazar una intersección con semáforos que tiene un volumen de tránsito medio y congestión vehicular.
- Las curvas y el carril externo de la isla deben permitir la circulación de vehículos grandes como camiones que requieren un radio de giro más amplio.
- Deben construirse para incluir las necesidades de peatones y ciclistas mediante medidas como pasos elevados, señalización clara y protección para ciclistas.
- No deben tener más de dos carriles.
- Deben obligar al tránsito proveniente de todas las vías a desviarse levemente para rodear la isla central. Si el tránsito de una vía puede seguir en línea recta, la glorieta es menos efectiva.

### Beneficios

- Permiten controlar el tránsito en lugares donde la intersección existente es grande, compleja o tiene más de cuatro ramales.
- Reducen la velocidad vehicular y la intensidad de las colisiones.
- Reducen el número de puntos de conflicto, al eliminar los giros a la izquierda (una de las principales causas de colisiones).
- Mejoran la seguridad del peatón cuando se usan en las intersecciones apropiadas.
- Permiten crear áreas verdes y embellecer el paisaje urbano con árboles o vegetación, con lo que se mejora la calidad del ambiente.
- Abren la posibilidad de hacer giros en U de una manera más segura.

### Uso

- En general, las glorietas no son apropiadas si el volumen vehicular es extremadamente alto, o en lugares donde el volumen peatonal es muy alto. Las glorietas con semáforos pueden funcionar en ciertas situaciones pero es recomendable consultar a expertos en el diseño de glorietas primero.
- El ancho de las calles y los derechos de paso disponibles deben ser suficientes para crear una glorieta bien diseñada.

- Pueden usarse en intersecciones con: señales de pare en todos los sentidos, mínimo tres vías de acceso, un alto volumen de vehículos que giran o conflictos en cuanto a giros a la izquierda.

### Evidencia

- Las glorietas reducen el número de colisiones con heridos entre 10% y 40%, según el número de ramales y la forma de control de tránsito que existía antes. Sin embargo, no deben considerarse en áreas con alto volumen vehicular y peatonal.
- Reducen entre 70% y 90% las colisiones con heridos graves y muertos (ambos datos, de Elvik, Hoye y Vaa 2009).



Figura 3.8 | Glorietas

Una glorieta en Copenhague, Dinamarca incluye un ciclo-carril.



# VÍAS ARTERIALES E INTERSECCIONES

Las vías arteriales son el lugar donde ocurren más colisiones graves entre automóviles y peatones a consecuencia del volumen de usuarios y la velocidad vehicular que suele ser alta. Estas vías con frecuencia son diseñadas más en función de los vehículos motorizados que en función de peatones y ciclistas. Las altas velocidades reportadas en las vías arteriales exacerban la severidad de las lesiones en este tipo de vías.

Las condiciones pueden empeorar en países de bajos y medianos ingresos donde la señalización y el diseño de cruces no siempre considera al peatón y al ciclista, donde hacen falta elementos como refugios peatonales, donde no se contemplan los giros viales, donde el diseño vial permite altas velocidades y donde las marcas viales pueden ser irregulares o confusas.

Existen algunas consideraciones fundamentales para vías arteriales y corredores con alto volumen vehicular que pueden afectar a la seguridad vial. Estas incluyen el diseño de intersecciones que tiene en cuenta el movimiento de peatones, el uso de medianas y refugios peatonales, y el equilibrio en el número de carriles, es decir, que una vía no tenga dos carriles antes de la intersección y tres carriles después. También es importante considerar la señalización y el diseño de las intersecciones para reducir la distancia de cruce.

En nuevos proyectos de desarrollo es posible limitar el número de vías arteriales y verificar que estén diseñadas para ofrecer condiciones más seguras y prioridad a peatones y ciclistas. Mientras que las vías arteriales ya existentes usualmente pueden reorientarse para conseguir un movimiento más eficaz del transporte masivo, de peatones y ciclistas.

Se recomienda considerar las necesidades de todos los usuarios de la vía en lugares donde se mezcla el tránsito de automóviles, peatones y bicicletas. En este capítulo se abordan las siguientes consideraciones básicas relacionadas con vías arteriales e intersecciones:

- Vías arteriales
- Cruces peatonales
- Señalización
- Medianas
- Refugios peatonales
- Equilibrio en el número de carriles

## RECUADRO 4.1 | CALLES COMPLETAS

Al momento de adoptar diseños más seguros en calles de tránsito mixto —vehículos motorizados, peatones y ciclistas— es necesario considerar a todos los usuarios de la vía. En países como Estados Unidos y México se ha usado el concepto de “calles completas” para referirse a calles que, gracias a una visión holística, son más seguras para todos. Este concepto se basa en el principio del uso compartido del espacio público, y se centra en un acceso seguro, un paisaje urbano atractivo y la movilidad efectiva de todos los usuarios de la vía, incluyendo peatones, ciclistas y conductores de diversas edades, géneros y capacidades.

Las calles completas dan prioridad al transporte activo para facilitar el cruce de la calle, caminar para ir de compras y el uso en bicicleta. Sus Principios giran en torno a redes viales eficaces y soluciones que tienen en cuenta a el contexto, de manera que los autobuses transiten a tiempo y sea seguro caminar a estaciones de transporte público. En las calles completas se coordinan

todos los elementos de las vía— infraestructura, pavimento, mobiliario urbano, señalización, alumbrado, árboles y vegetación—para usar, aprovechar y entender la esfera pública.

Independientemente de la variedad de tipologías viales que pueden existir en una ciudad, las calles completas tienen como objetivo ofrecer el número máximo de alternativas de transporte seguro para una amplia gama de usuarios, buscando equilibrio en cuanto a sus niveles de servicio. Con tal fin, el diseño de las calles debe ofrecer:

- **Prioridad a la accesibilidad.** Las calles completas son aquellas calles que se centran en la accesibilidad para todos los usuarios de la vía más que en el flujo de vehículos y su capacidad.
- **Diseño inclusivo.** Calles que favorecen a los usuarios más vulnerables son calles completas justas y democráticas.

- **Principios de seguridad.** Calles en las cuales se presta atención a la comodidad y el bienestar de sus usuarios mediante un diseño inteligente son calles completas seguras.
- **Eficacia para todos los ciudadanos.** Calles que tienen en cuenta las repercusiones, los beneficios y las externalidades de todos los usuarios de la ciudad son calles completas.
- **Integración urbana.** Calles que tienen en cuenta la multifuncionalidad, la compatibilidad y la diversidad de uso, son calles completas realmente integradas.
- **Continuidad.** Calles que se conciben no solo en un plan o como sección vial, sino de manera coherente en términos de espacio y tiempo a lo largo del corredor vial, son calles completas duraderas.

## 4.1 VÍAS ARTERIALES

Las vías arteriales por lo general tienen más carriles, mayor velocidad vehicular que las calles locales y residenciales, y semáforos en la mayoría de sus intersecciones. Se consideran vías arteriales a aquellas vías amplias y estrechas que tienen un alto volumen de tránsito. En ellas a menudo hay rutas de transporte público, comercios minoristas y muchos peatones y ciclistas. Un factor clave para lograr las metas de movilidad para todos los usuarios de las vías urbanas es priorizar la seguridad y la comodidad de peatones, ciclistas y usuarios del transporte público.



Vía arterial con mediana central, giro restringido a la izquierda y carril exclusivo para autobuses.

### Principios

- Cuando las vías arteriales entran en áreas donde hay peatones, ciclistas y un uso mixto del suelo, estas deben diseñarse para que el tránsito circule a una velocidad segura para los peatones (lo ideal es 30 km/h). Para ellos el riesgo de muerte comienza a aumentar con rapidez cuando una calle está diseñada para una velocidad de 40 km/h (véase pág 16).
- Se recomienda aplicar medidas de tránsito calmado mediante estrechamientos de calzada, reductores de velocidad regulares o reductores tipo cojín, cruces elevados en las intersecciones, refugios peatonales, carriles estrechos, etc. Además debe hacerse uso de la sincronización de semáforos, refugios y los cruces peatonales y otras medidas para crear cruces seguros y convenientes entre las paradas del transporte masivo y los destinos circundantes.
- Entre los elementos transversales de diseño que se usan en las arterias urbanas, según su tipología vial, se encuentran los carriles de tránsito, medianas, áreas verdes y aceras. El ancho del carril debe tener no más de 3 a 3,2 metros para potenciar al máximo la seguridad.
- Las rutas de autobús deben dirigirse en primera instancia las vías arteriales y las vías colectoras, estas ofrecen las rutas más directas entre distintos destinos con un mayor número de conexiones.
- Las vías arteriales y vías secundarias que atraviesan barrios con muchas edificaciones, pueden ayudar a sostener la actividad comercial y en particular el comercio minorista, especialmente en las esquinas y alrededor de los centros de transporte.

### Beneficios

- Si se mejora el diseño de las vías arteriales, se mejora la movilidad de todos los usuarios de la vía, con lo cual es más cómodo y seguro desplazarse a pie o en bicicleta y tener acceso al transporte masivo; además de promover la actividad física en la vida diaria y disminuir la dependencia del automóvil.
- El mejoramiento de la calle como espacio público puede brindar beneficios económicos a los comercios minoristas establecidos a lo largo del corredor vial.
- Si las vías arteriales son diseñadas para más modos de transporte y no solo para los automóviles, es posible controlar la congestión que se generará con el transcurso del tiempo.

- Asignar el espacio de manera más eficiente a peatones, ciclistas y al transporte masivo permite la movilización a más personas en menos espacio.

### Uso

- En aquellos lugares donde el tránsito de peatones y ciclistas es mayor y existe un uso mixto del suelo, se aconseja diseñar las vías para menor velocidad.
- El diseño debe estar acompañado por semáforos coordinados con cámaras.
- Es necesario abordar la velocidad, la seguridad peatonal y el uso mixto del suelo a lo largo de las vías arteriales y vías secundarias en las fases de planificación comunitaria y de diseño vial.

### Evidencia

- De acuerdo con un estudio realizado a escala nacional en Estados Unidos, más de 50% de las muertes de peatones ocurrieron en las arterias urbanas, cifra significativamente superior al 14% registrado en vías o calles locales. El potenciar al máximo la seguridad del peatón en las vías arteriales mejorará significativamente la seguridad vial de peatones en general (FHWA Safety 2010).
- Según un estudio realizado en vías urbanas de Tokio y Toronto, se ha demostrado que tanto los diseños estrechos (menos de 2,8 m) como los más anchos (más de 3,2 - 3,4 m) aumentan en la misma magnitud el riesgo de que ocurran colisiones viales (Masud Karim 2015).

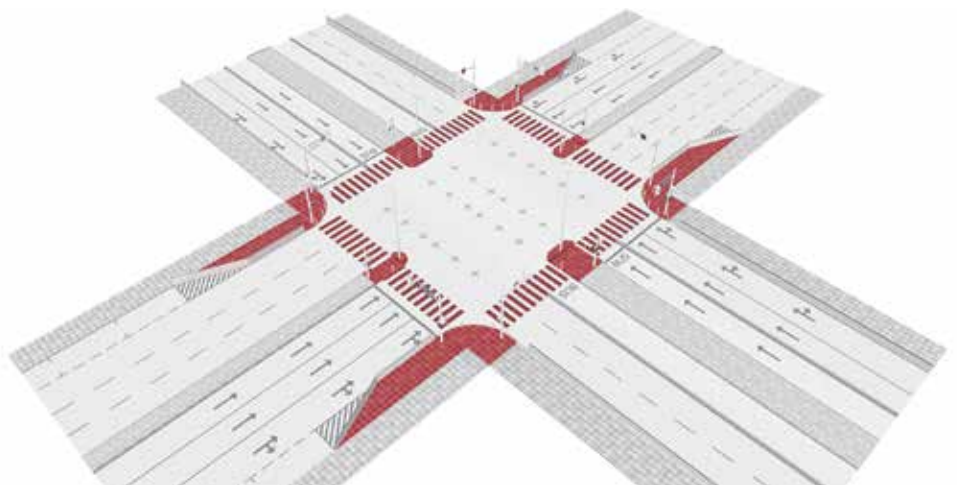


Figura 4.1 | Vías arteriales

Avenida Ing. Eduardo Molina en la Ciudad de México—una vía arterial con carriles segregados para buses, ciclo-carriles protegidos, aceras reconstruidas y una mediana con vegetación en algunos trechos—su diseño permite acomodar transporte masivo, tránsito vehicular mixto, bicicletas y peatones.

## 4.2 PASOS PEATONALES

Las intersecciones multimodales tienen tránsito de peatones, bicicletas, automóviles, autobuses, camiones y, en algunos casos, trenes. Los diversos usos de las intersecciones implican mucha actividad y espacio compartido. Los cruces deben ser directos y tan cortos como sea posible para que los peatones lleguen seguros al otro lado de la calle. La meta es minimizar la exposición para los peatones y proporcionarles un área marcada más segura para cuando estén expuestos al tránsito vial.



El estrechamiento de calzada y la construcción de un refugio peatonal reduce la distancia de cruce y la exposición a los vehículos en movimiento.

### Principios

- Los pasos deben ser directos, ubicados cerca de la intersección y siguiendo la línea de movimiento peatonal.
- En el bordillo debe haber una rampa con una pendiente razonable hasta la altura de la acera; no debe tener objetos fijos que obstaculicen el paso de los peatones.
- En una intersección con semáforos se recomienda colocar una línea de detención antes del paso. Si el paso no tiene semáforos, vale la pena considerar medidas para calmar el tránsito y mejorar la seguridad de los peatones al cruzar.
- Se deben reducir al mínimo los conflictos entre los diversos modos de transporte. Esto puede lograrse, por ejemplo, creando carriles segregados para bicicletas, refugios peatonales y giros a la derecha a poca velocidad.
- Debe proporcionarse buena visibilidad mediante triángulos de señalización e intervenciones en la geometría de la vía, como los estrechamientos de calzada.
- El diseño debe buscar una desaceleración del tránsito en los puntos críticos de conflicto entre peatones y automóviles, como en las esquinas, usando radios menores de giro en los bordillos o carriles para girar a la derecha a baja velocidad.

- Las personas discapacitadas y con limitaciones visuales o auditivas deben tener pleno acceso a las intersecciones. Esto puede lograrse por medio de accesos directos a los pasos peatonales, información visual y auditiva para las fases de CRUCE/NO CRUCE de los semáforos y advertencias detectables en el piso para distinguir las áreas peatonales de las vehiculares.

### Beneficios

- Una mejora de la seguridad a lo largo de vías arteriales permite abordar los problemas donde las colisiones son más comunes, es decir, donde los vehículos motorizados circulan a altas velocidades a pesar del volumen de peatones y ciclistas.
- A menudo, las vías arteriales dividen los barrios adyacentes, pero las vías arteriales más seguras permiten conectar mejor estas zonas.
- Las estaciones de transporte masivo con frecuencia están ubicadas en las vías arteriales principales; cuando estas son más seguras, se reduce el tiempo de transbordo y se mejora la experiencia de los usuarios.

### Uso

- Cada intersección debe estar diseñada o auditada cuidadosamente para garantizar la seguridad de peatones y ciclistas al cruzar.
- Se aconseja ubicar rampas en los bordillos para facilitar el cruce de los usuarios en sillas de ruedas, las personas que empujan coches de bebé, ciclistas y otros usuarios.
- Para garantizar un cruce seguro, se pueden combinar diversas medidas como pasos peatonales elevados, estrechamientos de calzada y refugios peatonales.

### Evidencia

- De acuerdo con un estudio realizado en Pekín sobre mejoras de intersecciones, en el cual se compara la situación de antes y después, las marcas de los cruces peatonales—junto con el rediseño de las paradas de autobús, la construcción de barreras peatonales, una mayor iluminación y una nueva señalización—incrementan la seguridad real y percibida de los peatones (Wang et al. 2009).

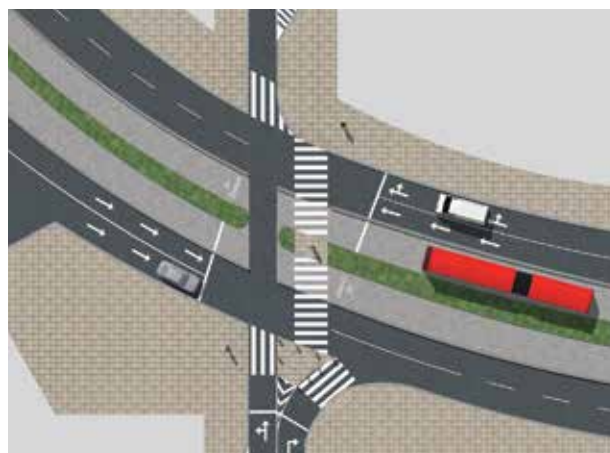


Figura 4.2.1 | Pasos peatonales

Una intersección en São Paulo (Brasil), prioriza el cruce de peatones. Los semáforos tienen una fase “todo en rojo” para que los peatones puedan cruzar en todas direcciones. Las configuraciones de cruces peatonales de este tipo son útiles en áreas con alto tránsito de peatones; además, pueden ayudar a evitar conflictos entre vehículos que giran a la izquierda.



Figura 4.2.2 | El antes y después de diseños de cruces: cruces directos y caminos más cortos



### 4.3 MEDIANAS

Las medianas son barreras ubicadas en la parte central de las vías que separan diferentes carriles y sentidos de la vía. El ancho y el diseño de las medianas puede variar enormemente y es posible encontrar desde estrechos bordillos de concreto hasta paseos bordeados de árboles y bulevares ajardinados.



Mediana con espacio para peatones en una vía de cuatro carriles; diseño aplicable a vías de dos carriles.

#### Principios

- Las medianas deben ser lo suficientemente anchas para que los peatones puedan detenerse en ellas, deben tener al menos 1,5 metros o más de ancho en adyacencias a estaciones de transporte público o en caso de carriles exclusivos para autobuses o tranvías.
- El paisajismo de las medianas no debe obstruir la visibilidad entre peatones y conductores que se aproximan.
- Las medianas no deben ser una distracción visual para los conductores.

#### Beneficios

- Reducen el riesgo de los giros a la izquierda y de colisiones frontales entre vehículos.
- Mejoran la seguridad del peatón al reducir la distancia de cruce y generan espacio para que los peatones crucen la vía en partes.
- Brindan espacio para sembrar árboles en las calles y hacer otros diseños relacionados con el paisajismo, lo que también ayuda a reducir la velocidad vehicular al proporcionar un alivio visual frente al cansancio y monotonía visual que enfrentan los conductores.

#### Uso

- Son más útiles en vías de cuatro carriles o con un volumen de tránsito más alto, también funcionan en las vías arteriales de dos carriles.
- Las medianas continuas no siempre son la intervención más apropiada. En algunos casos pueden aumentar la velocidad de tránsito pues separan el flujo de vehículos que van en distintas direcciones reduciendo la fricción aparente en el tránsito.
- Además, pueden ocupar espacio que puede usarse mejor para ampliar aceras, crear carriles para bicicletas, zonas de separación con paisajismo o carriles de estacionamiento en la vía.
- Si la velocidad y el volumen del tránsito motorizado es limitado es posible usar las medianas para desplazarse a pie y en bicicleta siempre y cuando las intersecciones estén diseñadas con mucho cuidado para evitar conflictos en los giros a la izquierda.
- Siempre que sea posible, deben incluirse zonas verdes y controles de aguas fluviales dentro de las medianas.

#### Evidencia

- De acuerdo con datos recabados aplicando modelos de frecuencia de colisiones en diversas ciudades de América Latina, las medianas pueden reducir el número de colisiones, incluidas las más graves, de 30% a 40% (Duduta et al. 2015).



Figura 4.3 | Medianas

Una mediana central con árboles en Adís Abeba permite tener algo de vegetación en la calle, ayuda a prevenir conflictos entre los vehículos y proporciona un espacio exclusivo para peatones en los cruces peatonales. El área exclusiva para peatones debe estar al nivel de la calzada para que los peatones se sientan más cómodos y puedan tener acceso al espacio con mayor facilidad.

## 4.4 REFUGIOS PEATONALES

Los refugios peatonales son medianas cortas que se usan para proporcionar un espacio seguro a los peatones en los cruces. Las medianas, refugios peatonales o islas peatonales están ubicados en medio de la calle y son de uso exclusivo de los peatones que cruzan a mitad de cuadra o en intersecciones.



Refugio peatonal sin mediana continua.

### Principios

- Los refugios peatonales deben ser suficientemente amplios para proteger a los peatones en los cruces, deben tener como mínimo 1,5 metros (preferiblemente 1,8 metros o más).
- Se recomienda usar reflectores o semáforos para iluminar o hacer refugios peatonales visibles, a fin de que los conductores estén bien informados.
- Los refugios deben estar a nivel de la calle, protegidos por bolaridos o bordillos. Los peatones, en particular los discapacitados o los que tienen coches de bebé, a menudo pasan alrededor de los refugios si estos no tienen rampas.

### Beneficios

- Mejoran la seguridad vial en los pasos peatonales (los peatones solo se preocupan por el tránsito por un sentido a la vez).
- Reducen la distancia del paso peatonal, ayudan a aminorar la velocidad vehicular y mejoran la conciencia de los conductores sobre la presencia presencia de un paso peatonal.
- Proporcionan espacio adicional para dar giros en U en condiciones poco seguras.
- Al reducir el ancho de la calzada en las intersecciones calman el tránsito, especialmente en los carriles donde los conductores hacen giros a la izquierda o siguen derecho.

### Uso

- Pueden combinarse con estrechamientos de calzada, chicanas u otras medidas a lo largo de un corredor vial.
- Debe prestarse igual atención a las bicicletas y mantener su acceso a los pasos.
- Se recomienda implementar esta medida en pasos peatonales sin semáforos.

### Evidencia

- Se ha demostrado que en Estados Unidos los refugios para peatones reducen el porcentaje de atropellos y muertes a causa del tránsito entre un 57% y un 82% (FHWA Safety 2013).



Figura 4.4 | Refugios peatonales

En esta calle de París una isla brinda a los peatones un lugar seguro para esperar el paso. Los refugios peatonales pueden ser usados en intersecciones con o sin semáforos, así como a mitad de cuadra.

## 4.5 SEMAFORIZACIÓN

El control del tránsito por medio de los semáforos en las intersecciones permite separar los diferentes flujos vehiculares y puede mejorar la seguridad vial de conductores y peatones en las intersecciones. Los semáforos pueden estar controlados por tiempo (con un cambio de fase después de un tiempo determinado, independientemente del volumen de tránsito) o pueden ser accionados por conductores, ciclistas o peatones. Estos pueden incluir fases especiales para peatones y ciclistas.



Semáforos en intersecciones.

### Principios

- Cada fase verde para los peatones debe durar lo suficiente como para que un peatón complete el cruce (usando una velocidad peatonal de 1,2 m/s), si se aumenta el número de fases verdes para peatones, menos personas cruzarán la vía cuando no les corresponde.
- Las fases que permiten giros a la izquierda pueden reducir conflictos pero se recomienda usarlas con precaución ya que es posible que los peatones crucen durante esta fase (en países donde conducen a la derecha).
- Antes de permitir los giros a la derecha en luz roja (en países donde conducen a la derecha), es mejor evaluar las condiciones locales y el volumen del tránsito.

- Los semáforos deben estar coordinados para ayudar a controlar la velocidad de los vehículos.
- Si se usan semáforos peatonales activados por un botón o por un sensor, es importante minimizar el tiempo de espera después de que este se active.

### Beneficios

- Mejoran la seguridad peatonal al indicar a los peatones cuando deben cruzar, suponiendo que el tiempo de espera del peatón es controlado de forma apropiada.
- Pueden usarse para priorizar el transporte público y la bicicleta y pueden dar cruce prioritario a peatones y ciclistas.

### Uso

- Las intersecciones con alto flujo de tránsito deben tener semáforos.
- Los usuarios vulnerables de la vía como los peatones y ciclistas podrán cruzar mejor las vías si cuentan con semáforos con una fase exclusiva para ellos, o bien semáforos con prioridad al paso de peatones.
- También es posible mejorar la seguridad del paso peatonal con una fase en la que todos los semáforos estén en rojo para vehículos motorizados.

### Evidencia

- El control del tránsito por medio de semáforos reduce el número de siniestros de tránsito aproximadamente en un 15% en intersecciones de forma T y un 30% en intersecciones de cuatro ramales (Elvik, Høy y Vaa 2009).
- Los cruces peatonales con semáforos reducen el número de colisiones con lesiones aproximadamente entre 5% y 10% (Elvik, Høy y Vaa 2009).
- Un estudio realizado en Estados Unidos indica que cuando se da prioridad semafórica a los peatones la probabilidad de que existan puntos de conflicto con los vehículos que giran se reduce un 95% durante el período inicial del paso (Van Houten et al. 2000).



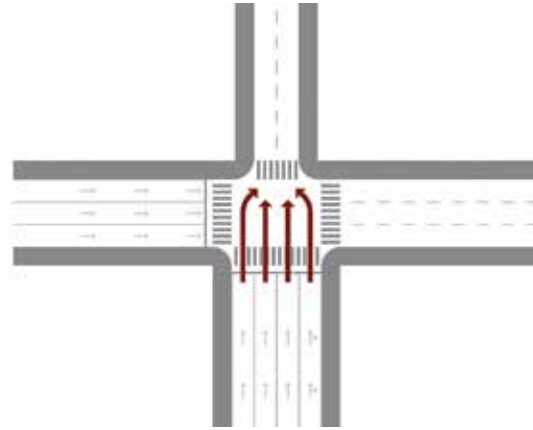
Figura 4.5 | **SemafORIZACIÓN**

Este semáforo, en Washington, D.C., prioriza al peatón. La luz verde de paso peatonal empieza 3 segundos o más antes de que se permita el paso a los vehículos.

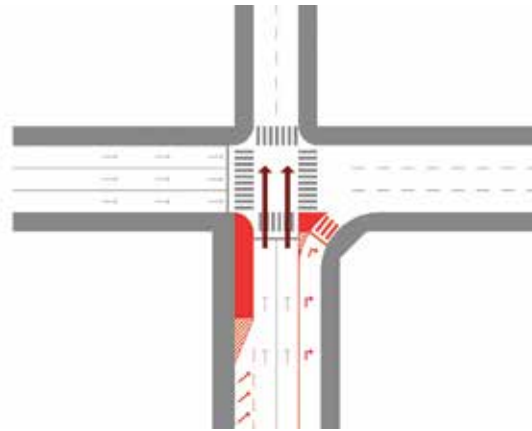
## 4.6 EQUILIBRIO EN EL NÚMERO DE CARRILES

Para evitar conflictos de tránsito en una intersección, debe haber un equilibrio en el número de carriles que entran y salen de la intersección.

Existe un desequilibrio cuando el número de carriles que entra en una intersección, en cualquiera de sus accesos o giros, es mayor al número de carriles que sale de la intersección siguiendo el mismo movimiento (es decir, si se sigue derecho, se gira a la izquierda, etc.).



Ejemplo: El desequilibrio en el número de carriles (arriba) puede resolverse a través de la eliminación de carriles en un acceso o con la creación de carriles exclusivos para girar (abajo).



### Principios

- Para determinar el número de carriles de entrada y de salida de una intersección se debe estudiar la capacidad de la vía y la proporción de vehículos que giran a la izquierda y a la derecha.
- Todos los carriles deben estar alineados en la intersección con un desplazamiento máximo de 0,6 m usado solo en situaciones difíciles.
- En las intersecciones donde se permite girar a la derecha con la luz roja (en países donde se conduce a la derecha) el tránsito que gira a la derecha debe ser considerado como un carril de salida.

### Beneficios

- Evita posibles colisiones causadas cuando los automóviles convergen a menos carriles, situación en la cual algunos conductores pueden reaccionar cambiando de carril abruptamente.

### Uso

- En algunos casos, es posible resolver el desequilibrio estableciendo carriles de solo giro a la derecha o izquierda, por ejemplo, si una calle tiene cuatro carriles antes de una intersección pero solo tres carriles después, se podría determinar que en uno de los carriles solo pueda usarse para girar a la derecha o a la izquierda.
- Otra alternativa consiste en transformar uno de los carriles antes de la intersección en un estacionamiento en vía.

### Evidencia

- Según algunas notificaciones muchas colisiones en vía ocurren a la salida de una intersección cuando los vehículos convergen a menos carriles.



Figura 4.6 | Equilibrio en el número de carriles

En esta calle de la ciudad de Nueva York el número y simetría de los carriles están alineados antes y después de la intersección.

## RECUADRO 4.2 | MOTOCICLETAS Y EL DISEÑO DE CIUDADES MÁS SEGURAS

La creciente flota de motocicletas y el significativo aumento de muertes por colisiones en las que están implicadas motocicletas, constituyen retos apremiantes que enfrentan muchas ciudades del mundo. Durante la primera década del siglo XXI las muertes en motocicleta se triplicaron en América Latina, el problema es particularmente evidente en lugares como Brasil y Colombia (Rodrigues et al. 2013). En Malasia—donde las motocicletas representan aproximadamente la mitad del parque automotor—de las casi 7.000 muertes por accidentes de tránsito que se registran anualmente, el 59% involucran vehículos de dos o tres ruedas. Se observan tendencias similares en India, Vietnam, Indonesia y otros países de todo el mundo.

El comportamiento de los motociclistas es un problema que, cuando se modifica, puede reducir el número de muertes a causa del tránsito, especialmente a través de normativas y campañas que fomenten el uso del casco, la educación de los conductores y la concesión de licencias (Passmore et al. 2010). Considerando que en esta guía se presentan Principios que pueden ayudar a solucionar problemas vinculados a la seguridad vial, ¿existen entonces consideraciones específicas de infraestructura cuando hablamos de motocicletas? Es necesario hacer más investigaciones y prestar más atención a soluciones de diseño que aborden la seguridad vial de los motociclistas. También es importante entender el cómo las motocicletas influyen en otros modos como en transporte masivo y el uso de la bicicleta. Aunque existen pocas investigaciones, a continuación se presenta un panorama con algunos temas relacionados con infraestructura y movilidad.

### Diseño de vías en función de la seguridad de los motociclistas

Cierta infraestructura ha demostrado ser eficaz en la reducción de colisiones de motocicletas, como el uso de carriles exclusivos para motocicletas en vías principales de ciertas ciudades de Malasia; práctica que se ha repetido en Indonesia y Filipinas (Radin Umar 1996; Radin Umar, Mackay y Hills 1995; Sohadi et al. 2000). Todavía no se sabe si es apropiado adoptar estos carriles exclusivos en otro tipo de calles o en otras ciudades. En Barranquilla, Colombia se crearon algunos carriles exclusivos, pero hay poca evidencia sobre su efecto. En São Paulo los resultados de la adopción de carriles exclusivos se han descrito como mediocres, aunque sí se observó una reducción en el número de colisiones al prohibir que las motocicletas circularan en los carriles centrales de una autopista principal (Vasconcellos 2013). En Londres se permitió que los motociclistas usaran los carriles para autobuses; el número de colisiones se elevó en una primera prueba, pero no aumentó significativamente después de la segunda prueba (York y Hopkins 2011).

Las investigaciones parecen indicar que las medidas que mejoran la seguridad vial de todos los usuarios de las vías también aplican para motociclistas, como reducir la velocidad vehicular a través de medidas que desaceleren y limiten el tránsito vehicular. Las motocicletas se caracterizan por conducir en zigzag, entre y alrededor de los automóviles, moviéndose a altas velocidades de forma impredecible y peligrosa. De acuerdo con un estudio realizado en Malasia, existe una relación entre el aumento de la velocidad de aproximación a las intersecciones con semáforos y el número de colisiones de motocicletas. Además, se registra un mayor número de colisiones de motocicletas en intersecciones con semáforos ubicadas en zonas comerciales (Harnen et al. 2004).

El reducir la velocidad de todos los vehículos a niveles más seguros antes de llegar a las intersecciones con semáforos—en particular las que quedan en zonas comerciales—puede tener un efecto significativo en la seguridad vial de los motociclistas.

### Abordar el tema más amplio de la movilidad urbana

En ciudades donde el transporte público es muy deficiente, inaccesible o inexistente, muchos prefieren trasladarse de un punto a otro en motocicletas. En Hanói, por ejemplo, un estudio reveló que las oportunidades laborales son menos accesibles en transporte público que en motocicleta o automóvil, lo cual explica por qué a los hanoienses les “gusta” usar motocicletas en vez del transporte público (Nguyen et al. 2013). En Brasil muchos usan motocicletas en lugar del transporte masivo por la deficiente calidad del transporte público local o por los bajos costos de desplazarse en motocicleta, los costos operativos de usar una motocicleta para transportarse son 25% menores que las tarifas de los autobuses (Vasconcellos 2013). Asimismo, dos terceras partes de los motociclistas encuestados para un estudio de EMBARQ India en Pune (India) dijeron que antes de usar motocicleta eran usuarios del transporte público (Pai et al. 2014). Este mismo estudio demostró que los motociclistas se desplazarían en transporte público si este fuera más fiable, cómodo, frecuente y limpio.

De igual manera, como muchos de los desplazamientos urbanos son cortos, los residentes urbanos podrían contar con más alternativas para moverse si se les ofreciera una infraestructura más segura para desplazarse a pie y en bicicleta. La orientación brindada en este informe puede ayudar a alcanzar este objetivo pero se necesita investigar aun más para determinar exactamente cómo se podría abordar la seguridad vial de los motociclistas en términos de infraestructura y movilidad.







# ESPACIOS PEATONALES Y ACCESO AL ESPACIO PÚBLICO

En una ciudad casi todos los desplazamientos empiezan y terminan a pie, pese a ello, a menudo los peatones no son tomados en cuenta al momento de planificar el transporte urbano.

Los informes de la OMS revelan que todos los años más de 270.000 peatones pierden la vida en las vías de todo el mundo (WHO 2013). Los peatones corren mayor riesgo en las zonas urbanas, en parte, debido a la gran cantidad de actividad peatonal y vehicular que se registra y se concentra en algunas zonas las ciudades (Zegeer y Bushell 2012). Esto es particularmente cierto en países en desarrollo donde el proceso de urbanización se está acelerando, por ejemplo en los países donde la flota de automóviles está creciendo con rapidez, la creciente demanda de estacionamiento ha llevado a una situación en la que los conductores se apropian de las aceras para estacionarse y la conversión del espacio público a estacionamientos empuja a los peatones a caminar por la calle. En muchas ciudades el mantenimiento de las aceras es escaso o nulo, en India por ejemplo, las estadísticas indican que los peatones representan más del 40% de las muertes resultantes del tránsito en zonas metropolitanas como Nueva Delhi, Bangalore y Calcuta (Leather et al. 2011).

Cualquier plan para mejorar la seguridad vial tiene que abordar la seguridad peatonal. Por ejemplo, El Consejo Europeo para la Seguridad Vial recomienda

establecer políticas en las cuales se establezca una priorización de modos y usuarios de la vía, en particular en entornos urbanos. La jerarquía basada en la seguridad vial, la vulnerabilidad y la sostenibilidad pone a los peatones en el primer lugar seguidos por los ciclistas y el transporte público (ETSC 2014; Páez y Méndez 2014).

El caminar tiene grandes beneficios para la salud y el medio ambiente, reduce la incidencia de enfermedades no transmisibles y es una forma de transportarse prácticamente libre de emisiones de carbono. Además, los peatones apoyan al comercio minorista que se encuentra en la calle. En este capítulo se presentan lineamientos básicos sobre cómo deben diseñarse las calles y los espacios públicos para fomentar un entorno más seguro para los peatones. Se abordarán los siguientes temas:

- Aceras más seguras
- Calles compartidas
- Calles y zonas peatonales
- Lugares seguros para aprender y jugar
- Ciclovías recreativas
- Plazas en calzada

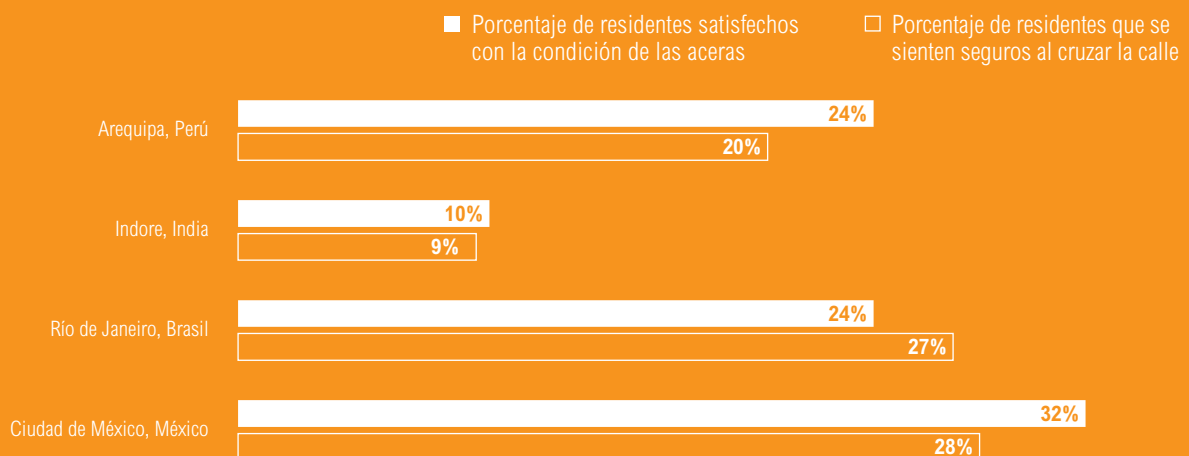
## RECUADRO 5.1 | LA PERCEPCIÓN DE LOS RESIDENTES DE CUATRO CIUDADES SOBRE LA SEGURIDAD VIAL Y LAS ACERAS

EMBARQ realizó encuestas entre 2010 y 2011 sobre las condiciones urbanas en el área de influencia de cuatro futuros corredores BRT en cuatro ciudades del mundo. A pesar de los resultados podrían haber sido muy diferentes debido a las particulares características

regionales y temas locales, los resultados fueron consistentes. Muy pocos residentes se sentían seguros en las calles de las ciudades o se consideraban satisfechos con las condiciones de las aceras (Figura 1.5).

Proveer seguridad a la comunidad mediante desarrollo orientado al transporte alrededor de estos corredores en una forma que puede mejorar la percepción de seguridad y de infraestructura para los peatones.

Figura 1.3.1 | Condiciones de las aceras y satisfacción con la seguridad vial al cruzar la calle en cuatro ciudades



## 5.1 ACERAS MÁS SEGURAS: ASPECTOS FUNDAMENTALES

Una acera es la porción de la calle, entre el bordillo y las edificaciones, que es destinada a los peatones. En una acera bien dotada coexisten los peatones, el mobiliario urbano y los elementos de paisajismo, incluyendo postes de alumbrado público, semáforos, hidrantes, bancas, buzones de correo, máquinas expendedoras de periódicos, parquímetros, botes de basura, etc.



Un aspecto básico de las aceras es que proporcionan un área reservada para peatones, sin automóviles estacionados.

### Principios

- Las aceras deben estar niveladas o tener una inclinación para que las personas discapacitadas puedan circular.
- Deben brindar suficiente espacio para que los peatones puedan moverse y realizar actividades, un ancho mínimo que oscile entre 1,5 y 1,8 m para zonas con bajo volumen de peatones y un ancho de 2,5 m o más, para zonas con mayor flujo de personas. Si el paso es adyacente al bordillo el ancho mínimo de la acera debe ser 2,10 m. (Para más información sobre el volumen de peatones y el ancho mínimo, véase Cuadro 5.1).
- Deben disponer de suficiente espacio en la “zona de tránsito” para permitir el paso libre.
- Deben disponer de espacio en la “zona de fachadas” de las edificaciones para permitir el acceso a puertas, la ubicación de letreros y plantas, etc.
- Deben ofrecer una zona para mobiliario y otros elementos, que pueden incluir árboles, vegetación, botes de basura, bancas, mesas, bolardos o espacio adicional.
- Es necesario que tengan rampas en el bordillo para permitir que las personas que se movilizan en silla de ruedas o quienes empujan coches de bebé tengan acceso a los pasos peatonales.

### Beneficios

- Las aceras proporcionan un espacio para el tránsito peatonal libre de conflictos con los automóviles.
- Fomentan el espacio social para que las personas se sienten, comprenden, comen, se reúnan y socialicen.
- Brindan numerosos beneficios, entre los cuales se encuentran: movilidad básica, ahorros al consumidor, ahorro de costos en general (menos costos externos), uso eficiente del suelo, mejor calidad de vida colectiva, mejora de la condición física y la salud pública, desarrollo económico y respaldo de objetivos en el ámbito de la equidad.



Figura 5.1.1 | **Aceras más seguras**

Fotos antes y después de una acera en São Paulo que fue reconstruida para eliminar los desniveles y para mejorar el acceso, la continuidad y su imagen. El cambio formó parte del proyecto *Calçadas Verdes e Acessíveis* (Aceras verdes y accesibles).



**Figura 5.1.2 | Aceras más seguras**

Una acera en Ciudad de México brinda las comodidades básicas de un lugar nivelado, separado de la calle y árboles, y es diseñado para impedir que los vehículos se apoderen de este espacio público.

## Uso

- Siempre que sea posible deben existir aceras en ambos costados de la calle, excepto en los corredores viales exclusivos para vehículos.
- En los países en desarrollo los conductores o los vendedores a menudo se apoderan de las aceras y estacionan en ellas, este problema puede reducirse instalando bolardos y adoptando programas para el estricto cumplimiento de las normas. Es posible que en los reglamentos urbanos no exista coherencia en cuanto a la normatividad sobre las aceras o que se exija a los propietarios de establecimientos privados hacerse responsables de las aceras. Estas son consideraciones políticas que posiblemente pueden modificarse o considerarse al aplicar los principios del diseño vial.
- Las calles compartidas no tienen aceras; son espacios donde se mezclan vehículos y peatones (véase la Sección 6.2).
- Las aceras pueden combinarse con otras medidas de tránsito calmado (véase el Capítulo 4).

## Evidencia

- Estudios en Estados Unidos indican que la probabilidad de que ocurran atropellos es dos veces mayor en calles sin aceras, las calles con aceras en ambos costados de la vía registran un menor número de colisiones (Smart Growth America 2010).

**Cuadro 5.1 | Ancho de las aceras para diferentes capacidades peatonales**

CAPACIDAD DE PERSONAS POR HORA		ANCHO MÍNIMO DE ACERA (METROS)
TODOS EN UNA DIRECCIÓN	EN AMBAS DIRECCIONES	
1220	800	1.50
2400	1600	2.00
3600	2400	2.50
4800	3200	3.00
6000	4000	4.00

Fuente: UNEP (2013), CSE (2009).

## 5.2 CALLES COMPARTIDAS

Las calles compartidas, también llamadas “calles de prioridad peatonal,” “zonas de hogar” o conocidas por el término holandés *woonerf* (“calles vivas”), son lugares compartidos por todos los usuarios de la vía y diseñados para fomentar la seguridad vial. Su diseño tiene como objetivo desacelerar significativamente el tránsito mediante el uso del pavimento en ladrillo, macetas y curvas, a fin de dar prioridad a peatones frente a conductores y sensibilizar a todos los usuarios.



### Principios

- En las calles compartidas normalmente no se usan aceras ni bordillos, se recurre a objetos fijos como macetas y árboles que forman un zigzag. Pueden combinarse con estrechamientos de calzada y otras medidas de diseño, con el objetivo de calmar el tránsito y dar prioridad a los peatones.
- Puede usarse pavimento mejorado, adoquines alternados y mobiliario urbano dentro de la calle.
- Deben utilizarse plantas y paisajismo para mejorar aún más la calidad de los desplazamientos a pie.
- La velocidad máxima de los automóviles en este tipo de construcción debe estar alrededor de los 15 km/h.

### Beneficios

- Las calles compartidas dan prioridad a peatones y ciclistas, y mejoran la seguridad de quienes se desplazan a pie o en bicicleta al disminuir la velocidad vehicular.
- Fomentan un enfoque activo en cuanto a uso del suelo y actividades en la calle, lo que genera una esfera pública sana.
- Promueven actividades en la calle—como sentarse, comer, comprar, reunirse con otras personas y socializar—que se adaptan a diferentes momentos del día, la semana o el año.
- Mantienen el acceso vehicular mientras se centran en el espacio peatonal.

### Uso

- Pueden adoptarse gradualmente para que los usuarios de las vías se familiaricen poco a poco con los cambios en el entorno vial.
- Deben considerarse en calles estrechas donde no hay suficiente espacio para aceras y carriles de circulación, o donde hay un significativo uso de la bicicleta y actividad peatonal.
- Deben considerarse en calles próximas a principales destinos peatonales, por ejemplo zonas de comercio minorista, zonas a la orilla del mar, río o lago, parques, plazas, ejes de transporte, escuelas, etc.
- Son recomendadas en calles locales para promover desplazamientos a pie y en bicicleta, y los usos recreativos dentro de los barrios.

### Evidencia

- Resultados de varias investigaciones sobre siniestros de tránsito realizadas en Países Bajos indican que convertir calles en *woonerfs* reduce el número de colisiones aproximadamente en un 50% (Kraay y Bakker 1984; Wegman 1993).
- Estudios realizados en las calles compartidas del sector de Seven Dials en Londres, basados en dos años de monitoreo antes y después de la intervención, muestran que el número de muertos y heridos de siniestros de tránsito descendió de 71, antes de la remodelación de las calles, a 40 después de la intervención lo que representa una caída de 43% (Gould 2006).



Figura 5.2 | Calles compartidas

Las calles de las favelas de Río de Janeiro a menudo funcionan como calles compartidas aunque pueden carecer de algunos de los mecanismos de tránsito calmado que se encuentran en las calles compartidas tradicionales, estos mecanismos pueden implantarse cuando las calles son remodeladas. De acuerdo con una investigación hecha por EMBARQ, los residentes de la zona se sienten más protegidos de los vehículos en estas calles que en la ciudad formal.

## 5.3 CALLES Y ZONAS PEATONALES

Las calles peatonales, también denominadas “centros comerciales peatonales” o “zonas libres de automóviles,” son reservadas exclusivamente para el uso de los peatones. En estas calles y zonas se prohíbe todo tipo de tránsito vehicular, salvo los camiones de entrega, que deben transitar durante la noche u otro período específico del día, y los vehículos de emergencia.



### Principios

- Las calles peatonales deben ser interesantes, seguras, convenientes y atractivas. Se incentiva la realización de actividades en la planta baja de los edificios para atraer a los peatones.
- El mobiliario urbano, el pavimento, el alumbrado público y el paisajismo son elementos de diseño importantes que permiten mejorar el entorno peatonal. Elementos como bancas agrupadas en pequeñas áreas de descanso y pequeños jardines, incrementan el atractivo para los usuarios y mejoran su experiencia.

- Los materiales para pavimentar pueden ser diseñados para mejorar el entorno peatonal y la imagen del lugar.
- Las medidas de seguridad peatonal deben intensificarse en la zona de separación y las intersecciones de las calles donde los vehículos motorizados están presentes y pueden surgir problemas adicionales con el tránsito y la seguridad vial.

### Beneficios

- Reducen el uso del automóvil a poco o nada, lo que resulta en la reducción del tránsito vehicular.
- Crean mejores condiciones para la libre circulación de peatones y la seguridad vial.
- Generan beneficios estéticos, económicos y sociales, y mejoran el acceso al comercio minorista y la calidad del aire.

### Uso

- A las calles peatonales se les saca el máximo provecho en áreas donde existe una intensa actividad peatonal, zonas comerciales (negocios minoristas) o de uso mixto, altos volúmenes peatonales y acceso al transporte masivo.
- En todo momento debe mantenerse el acceso a los servicios de emergencia y evacuación. Puede permitirse el paso de vehículos de carga muy temprano en la mañana o en la noche.
- Por lo general se prohíbe el paso de ciclistas (a menos que se bajen de la bicicleta y la lleven caminando) o se les proporciona un área especial para que circulen.

### Evidencia

- Una peatonalización completa puede reducir las colisiones en un 50% o más. Sin embargo, a menos que se tomen medidas adicionales puede registrarse un incremento en las colisiones en las zonas de separación (Elvik, Høy y Vaa 2009).
- Algunos datos recopilados en Estambul indican que la peatonalización mejoró las percepciones de los residentes en cuanto a seguridad vial y calidad del aire, e incrementó las ventas al por menor y la tasa de personas que se desplazan a pie (Cörek Öztas y Aki 2014).



Figura 5.3 | Calles y zonas peatonales

Una calle peatonal en Esmirna (Turquía) brinda un lugar seguro al aire libre para hacer compras lejos de la circulación de vehículos.

## 5.4 LUGARES SEGUROS PARA APRENDER Y JUGAR

Las zonas alrededor de parques (en particular de parques infantiles), las escuelas y los centros comunitarios requieren de especial atención en cuanto a la seguridad peatonal. Los niños son más vulnerables a las colisiones viales que los adultos ya que sus actividades y movimientos son más impredecibles.



### Principios

- Alrededor de zonas escolares y zonas donde hay niños, debe considerarse la adopción de mecanismos para calmar el tránsito y desacelerar aún más el tránsito vehicular.
- Las escuelas, parques y zonas recreativas deben ser accesibles a los peatones y ciclistas provenientes de cualquier dirección.
- Las calles circundantes deben ofrecer buenas condiciones para desplazarse a pie o en bicicleta, así como zonas de carga y descarga de pasajeros de autobuses escolares.
- Para promover los desplazamientos a pie y en bicicleta se recomienda limitar el estacionamiento para automóviles.

### Beneficios

- Se centra en la seguridad de niños y estudiantes, se toman consideraciones especiales para mejorar zonas escolares y áreas recreativas.
- Mejora la seguridad peatonal de los estudiantes a lo largo de rutas a la escuela.
- Mejora el entorno de peatones y ciclistas, promueve la actividad física y reduce la velocidad vehicular.

### Uso

- Las áreas alrededor de parques y escuelas requieren de especial atención en lo que respecta a la seguridad vial. Deben considerarse algunas limitaciones particulares de los niños, como la altura de sus ojos, su visión periférica y la falta de percepción.
- Los planes para incrementar la seguridad de las rutas escolares deben seguir un plan de mejorar con el tiempo.

### Evidencia

- En Seúl, Corea del Sur luego de que se adoptaran medidas para mejorar el diseño de las vías y calmar el tránsito, el número de colisiones en zonas escolares se redujo en un 39% (Sul 2014).



Figura 5.4 | Lugares seguros para aprender y jugar

Esta calle angosta en una zona escolar de Seúl tiene señalización clara en el pavimento (dice “zona escolar—disminuya la velocidad—30 km/h”) y vallas protectoras en las aceras, lo cual crea un entorno seguro para los niños que se dirigen a la escuela caminando. Fuente: Seúl Seocho District Office.

## 5.5 CICLOVÍAS RECREATIVAS

Las ciclovías recreativas son calles abiertas temporalmente para el uso exclusivo de las personas que montan bicicleta, patinan, caminan, trotan o realizan otras actividades. Las ciclovías recreativas son una iniciativa prometedora que permite abordar la preocupación mundial por la falta de actividad física y proporcionar espacios recreativos y seguros durante los fines de semana.



### Principios

- Debe recopilarse información sobre las rutas, la condición de las calles, barrios y poblaciones que serán parte del programa, e incluir a la comunidad en la selección de las rutas.
- Se aconseja considerar áreas con mayor densidad de población y la falta de espacio público; es necesario pensar como detener el tránsito en las intersecciones.
- Debe permitirse el paso de personas que andan a pie, trotan y montan bicicleta, así como la realización de actividades programadas.

### Beneficios

- Promueve la actividad física y contribuye a la prevención de enfermedades crónicas, como la obesidad.
- Contribuye en el desarrollo del capital social y la mejora de la calidad de vida de la población.
- Promueve el uso de espacios públicos con fines recreativos y crea un ambiente de cohesión social.
- Promueve modos de transporte eficientes como el desplazarse a pie y en bicicleta.
- Reduce la exposición a la contaminación atmosférica y sonora, y a las emisiones de los vehículos motorizados.
- Promueve la inclusión y la interacción social así como la igualdad.
- Brinda oportunidades para la revitalización económica de las comunidades.

### Uso

- A nivel mundial el concepto de ciclovías recreativas se aplica a lo largo de todo el año durante los fines de semana o los días feriados.
- La longitud de las vías destinadas al programa de ciclovías recreativas varía según las condiciones locales.
- Incentiva la realización de programas y actividades complementarias o negocios temporales para aumentar el atractivo del programa.

### Evidencia

- De acuerdo con una encuesta realizada en Bogotá (Colombia), las personas que participan en un programa de ciclovías recreativas se sienten más seguras en las calles reservadas para esta iniciativa (Sarmiento et al. 2010).



Figura 5.5 | Ciclovías recreativas

Como parte del Día Raahgiri en Gurgaon (India) los participantes juegan baloncesto en una calle cerrada a automóviles.



## 5.6 PLAZAS EN CALZADA

Las plazas en calzada —también denominadas “plazas peatonales” o “parques de bolsillo”—son pequeñas zonas de las vías o de la ciudad que, al haber sido abandonadas o ser residuales, se convierten en espacios públicos.



Plaza en calzada en México.

### Principios

- Las plazas en calzada se ubican en espacios residuales que están subutilizados o son utilizados erróneamente por los automóviles (pueden ser espacio de la vía o de estacionamiento). Generalmente se ubican en calles que se conectan en diagonalmente.
- Los espacios residuales por lo general tienen un área mínima que fluctúa entre los 100 y 400 m<sup>2</sup>. Deben ser visibles desde la calle, de fácil acceso y preferiblemente cerca de zonas de comercio y paradas de transporte público. El acceso a las plazas en calzada debe ser completo y seguro, deben haber elementos que brinden protección al peatón y eviten la entrada de automóviles.
- Los elementos usados para crear las plazas en calzada pueden ser de bajo costo y desmontables. Se pueden hacer intervenciones en el pavimento pintando diseños coloridos e instalando mobiliario urbano según el contexto y el uso previsto (descanso, entretenimiento o ejercicio), junto con postes de alumbrado y vegetación de alta resistencia y bajo mantenimiento.

### Beneficios

- Funcionan como lugar de encuentro para las comunidades y promueven la actividad peatonal.
- Mejoran el paisaje de la calle con el uso de vegetación.
- Reducen las distancias de cruce.

### Uso

- Preferiblemente deben estar ubicadas en zonas que carecen de espacios públicos con un flujo elevado de peatones y mucho comercio minorista, pero también pueden crearse como extensiones de parques o plazas al ubicarse en calles adyacentes.
- Pueden ser de bajo costo y temporales, seguidas de instalaciones permanentes.

### Evidencia

- En Nueva York la velocidad vehicular y las colisiones con heridos se han reducido entre 16% y 26%, respectivamente, a lo largo de las calles que contienen plazas en calzada (New York City Department of Transportation 2012).



Figura 5.6.1 | Plazas en calzada

Una plaza en calzada en Coyoacán, Ciudad de México, crea espacio público para las personas, ayuda a calmar el tránsito y reduce la distancia del paso peatonal.



Figura 5.6.2 | Plazas en calzada

Una variante de la plaza en calzada es el *parklet*, término usado en Estados Unidos y Brasil. Un *parklet* une medidas para calmar el tránsito al tomar elementos de estrechamiento de la calzada y la extensión de la acera, e incentiva la mejora del espacio público. En la fotografía se observa un *parklet* en São Paulo, para su construcción, que se hizo a nivel de la acera, se eliminaron espacios de estacionamiento y se instalaron bancas y plantas.

## RECUADRO 5.2 | PROGRAMA DE PLAZAS PÚBLICAS DE LA CIUDAD DE NUEVA YORK

Las calles constituyen aproximadamente el 25% de superficie terrestre de la ciudad y pese a ello, aparte de los parques, existen pocos lugares donde sentarse, descansar, socializar y disfrutar de la vida pública. Para mejorar la calidad de vida de los neoyorquinos, el Departamento de Transporte de la ciudad genera más espacios públicos

abiertos por medio de la recuperación de espacios subutilizados en las calles y su transformación en plazas en calzada.

Además de la plaza que se muestra en esta página, existen 26 plazas en fase de planificación, diseño o construcción. Se prevén tres plazas adicionales por año. Times Square, la plaza en la calzada más renombrada de la ciudad,

está mejorando la calidad de vida y la seguridad de neoyorquinos y turistas, por esta razón, las autoridades de la ciudad decidieron darle carácter permanente a las mejoras hechas en este espacio público que fue parte de un programa piloto emprendido en el verano del 2009 por un período de seis meses.





3

TAKSİM - TÜNEL

410

410

YOLUN YASAK  
VE TUNELİDİR

YOLUN YASAK  
VE TUNELİDİR



YILDIZ...  
S...  
P...  
T...



# INFRAESTRUCTURA PARA BICICLETAS

El diseño vial debe prestar especial atención a los ciclistas dado que están entre los usuarios más vulnerables de la vía en cuanto a muertes y lesiones en siniestros de tránsito. El aumento de la seguridad vial resulta en aumento del uso de la bicicleta, lo cual genera grandes beneficios para la salud y el medio ambiente.

En muchas ciudades del mundo los desplazamientos en bicicleta son el principal medio de transporte. En el pasado, las ciudades de Asia se destacaban por el alto uso de bicicleta. Sin embargo, en países como China, la tendencia es decreciente. Mientras tanto, en Estados Unidos y Europa el uso de bicicleta está creciendo. Diversas investigaciones han revelado que las ciudades de Estados Unidos y Europa con mayores tasas de desplazamientos en bicicleta tienen menos siniestros de tránsito en general. Estas ciudades albergan amplias redes de carriles para bicicletas, extensos ciclo-estacionamientos y sistemas de bicicletas públicas. En este capítulo se abordan algunos aspectos clave que brindan condiciones más seguras para la bicicleta usando países desarrollados como de países en desarrollo. El capítulo está dividido en las siguientes secciones:

- Redes para bicicletas
- Carriles para bicicletas
- Senderos independientes
- Calles compartidas
- Seguridad vial en intersecciones
- Seguridad vial en paradas de bus
- Semáforos para bicicletas

Estudios indican que la tasa siniestros viales es de seis a nueve veces mayor entre ciclistas que entre conductores (Bjornskau 1993); la tasa de siniestralidad puede ser mayor en países en desarrollo debido a la falta de denuncias. También se ha demostrado que un mejor diseño vial permite reducir considerablemente el número de colisiones y lesiones para las personas que se desplazan en bicicleta. Aunque los carriles protegidos para bicicletas mejoran la percepción de seguridad y, eventualmente, reducen los incidentes viales, es indispensable prestar especial atención al diseño de las intersecciones para obtener verdaderos beneficios en cuanto a seguridad vial. Esto incluye mejorar la visibilidad de ciclistas y conductores, y abordar los conflictos en las intersecciones utilizando una señalización apropiada y semáforos. Estas medidas, adoptadas en forma conjunta, garantizan un sistema para bicicletas más seguro, más agradable y al final más exitoso.

## 6.1 REDES PARA BICICLETAS

La red vial debe considerar las necesidades de los ciclistas. Una red bien conectada para ciclistas debe contar con carriles interconectados, ciclo-carriles y calles donde se calme el tránsito y se de prioridad a las bicicletas. Se debe prestar especial atención a las intersecciones y cruces, los cuales deben estar diseñados para priorizar las necesidades de los ciclistas.

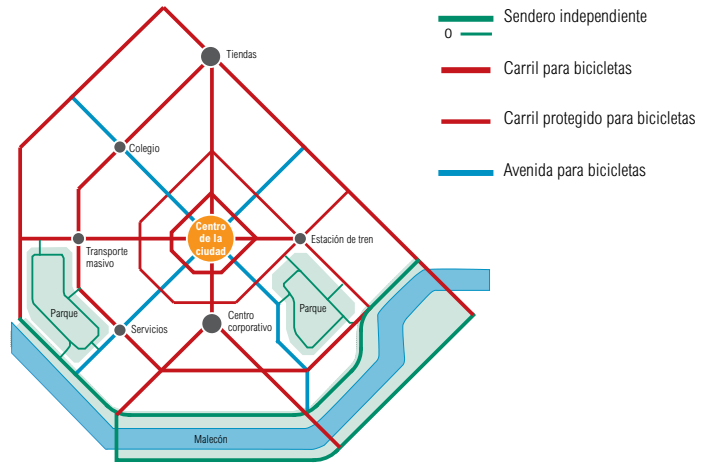


Diagrama de una red para bicicleta que conecta destinos principales.

### Principios

- Proporcionar a los ciclistas rutas tan directas como sea posible y un derecho de paso continuo.
- Diseñar las rutas de forma coherente, sin interrupciones en las intersecciones o por obras en construcción.
- Separar a los ciclistas del tránsito motorizado que circula a gran velocidad.
- Prestar especial consideración y visibilidad a los ciclistas en intersecciones y cruces.
- Deben considerarse los distintos tipos de ciclo-infraestructura y su jerarquía: desde senderos separados hasta calles compartidas y carriles protegidos.
- Deben existir mecanismos para informar cómo llegar a un destino, elementos de señalización e integración con otros modos de transporte.
- Debe proporcionarse un amplio espacio para el estacionamiento de bicicletas.

### Beneficios

- Una red para bicicletas bien conectada puede proporcionar una ruta continua a los ciclistas.
- Puede garantizar la seguridad vial de quienes se desplazan en bicicleta y reducir el número de colisiones y muertes.
- Una red sólida que cuente con instalaciones adecuadas y programas para la bicicleta, incentivará el uso de la bicicleta y la actividad física en general, mientras reduce el número de viajes en automóvil y el impacto ambiental que este tiene.

### Uso

- Para ayudar a los ciclistas, es necesario modificar las marcas que delimitan los carriles en las vías, el ancho de los carriles y las áreas de espera para bicicletas en las intersecciones.
- En las rutas destinadas a los ciclistas debe prestarse particular atención a las paradas y estaciones de autobuses a fin de evitar conflictos.
- Siempre que sea posible, debe instalarse infraestructura para ciclistas en las principales vías de tránsito (por ejemplo, carriles para bicicletas, áreas para detenerse y semáforos especiales en las intersecciones).
- Deben crearse estacionamientos para bicicletas y sistemas de alquiler de bicicletas o de bicicletas públicas.
- Debe garantizarse el acceso en bicicleta a todos los comercios minoristas, oficinas, lugares de entretenimiento y espacios públicos.

### Evidencia

- Con el transcurso de los años, ciudades como Copenhague, Nueva York, Minneapolis y Bogotá han registrado una reducción significativa en la tasa de muertes y lesiones de ciclistas después de construir una red con infraestructura más segura para quienes se desplazan en bicicleta (Duduta, Adriaola-Steil e Hidalgo 2012; Verma, Lopez y Pardo 2015).

## 6.2 CARRILES PARA BICICLETAS

Son secciones de la calle, en una o ambas direcciones, designadas para el uso exclusivo de bicicletas. Se identifican por medio de marcas en el pavimento, por un bordillo o mediana. Los carriles protegidos para bicicletas tienen por objeto separar físicamente a los ciclistas del tránsito motorizado con el fin de garantizar la movilidad de los ciclistas y brindarles una percepción de seguridad en sus recorridos.



Carriles para bicicleta separados del tránsito de automóviles por medio de una barrera física.

### Principios

- Por lo general se recomienda que el carril para bicicletas sea adyacente al bordillo de la acera y tenga un ancho de 2,2 metros. En vías principales el ancho mínimo recomendado es de 1,7 metros. En vías con tránsito vehicular moderado y de baja velocidad, 1,5 metros pueden ser suficientes.
- Los carriles bidireccionales no son la opción ideal, pero podrían funcionar si evitan cruces o si el espacio es limitado. Puede mejorarse la seguridad vial empleando diversas medidas como restricciones en las intersecciones, control del tránsito con semáforos para bicicletas, tránsito calmado en las intersecciones, cruces elevados para bicicletas en algunas intersecciones y medidas que controlen los accesos de los automóviles. Los carriles bidireccionales deben tener un ancho mínimo de 2,5 metros.
- Un carril para bicicletas próximo a un carril de estacionamiento debe ubicarse en el lado interno del carril de estacionamiento para proteger a los ciclistas del tránsito motorizado.
- En las calles que tienen un volumen de tránsito alto o medio, deben instalarse barreras físicas o zonas de separación entre el carril para bicicletas y los carriles destinados al tránsito motorizado. Sin embargo, estas barreras deben ser eliminadas antes de una intersección con vehículos que giren.
- En calles de un sólo sentido, se sugiere que los carriles para bicicleta estén en el costado derecho (en países donde conducen a la derecha).

### Beneficios

- Los carriles para bicicletas segregados del tránsito motorizado permiten a los ciclistas desplazarse cómodamente, separados de los automóviles (salvo en intersecciones). Esto genera una percepción de seguridad que aumenta el uso de la bicicleta.
- Los carriles protegidos alejan un poco más a los ciclistas del escape de los gases vehiculares.

### Uso

- Los carriles segregados brindan una mayor protección entre una intersección y otra, pero pueden generar problemas en intersecciones donde los automóviles y bicicletas entran en conflicto. Para reducir estos conflictos se debe prestar especial atención a estos puntos y aumentar la visibilidad de los ciclistas.
- Se recomienda dar continuidad al carril de bicicletas a lo largo de las intersecciones usando demarcación del pavimento, especialmente en intersecciones con alto volumen de tránsito.
- Los carriles bidireccionales pueden ser usados en calles de un solo sentido. En este caso, se recomienda ubicarlo en el extremo izquierdo (en países con circulación del costado derecho), prestando especial atención a las intersecciones.
- Un carril segregado se obtiene con algún tipo de separación, la cual puede variar según el contexto local. Esto puede lograrse por medio de pequeños reductores llamados “armadillos”, bordillos lineales, vías elevadas para las bicicletas, bolardos plásticos en un área marcada, u otras alternativas que brinden una separación física.
- Los carriles para bicicletas pueden estar a nivel de la calzada o a un nivel intermedio, pero es preferible que no estén al mismo nivel de la acera ya que esto podría sugerir que son espacios compartidos para peatones y ciclistas.

### Evidencia

- Los carriles para bicicletas generan pequeños cambios en el número de heridos en siniestros de tránsito, la reducción del 4% en promedio es una cifra estadísticamente significativa (Elvik, Høy e Vaa 2009).
- Una carril para bicicletas nueva en Nueva York ha reducido de 74% a 20% la tasa de exceso de velocidad vehicular. Las colisiones y las lesiones de todo tipo descendieron en un 63% (Schmitt 2013).



Figura 6.2 | Carriles para bicicletas



Un carril para bicicleta de un solo sentido en Ciudad de México protege a los ciclistas por medio de barreras físicas y señalización donde desaparecen las barreras (puntos de acceso de automóviles).

Abajo: La infraestructura para bicicletas que observa en esta fotografía de Shanghái (China), separa los ciclistas de los conductores por medio de una cerca, la cual también impide el paso de peatones.

## 6.3 SENDEROS INDEPENDIENTES

Son senderos exclusivos para peatones y ciclistas lejos de los carriles de circulación vehicular. Estos senderos también se conocen como vías verdes y se encuentran en corredores lineales, parques, corredores de servicio público o antiguos corredores ferroviarios; también se encuentran en áreas costeras y ribereñas.



Sendero independiente que segrega a ciclistas de peatones para reducir conflictos.



Figura 6.3.1 | Senderos independientes

Carril bidireccional a lo largo del perímetro de un parque en Belo Horizonte (Brasil) con un sendero adyacente destinado exclusivamente a peatones. El carril para bicicletas está protegido del tránsito motorizado con separadores de hormigón. Los carriles bidireccionales son más adecuados a lo largo de corredores como parques, áreas costeras y ribereñas, donde los conflictos de giro son menores.



Figura 6.3.2 | Senderos independientes

Este sendero independiente para bicicletas, ubicado en el perímetro de un parque en Bogotá (Colombia), separa a los peatones de ciclistas, lo cual reduce los conflictos entre los usuarios.

### Principios

- El tránsito de bicicletas debe separarse de los peatones usando líneas de marcación en el pavimento o segregándolos en senderos independientes; debe disponerse de al menos de 3,0 m para carriles bidireccionales de bicicletas y 1,5 m para el área peatonal.
- Las intersecciones o los puntos de conflicto con los automóviles deben diseñarse con sumo cuidado a fin de reducir la velocidad vehicular y controlar la aproximación a intersecciones; se debe disponer de señalización apropiada.
- Los senderos independientes son ideales para áreas costeras o ribereñas, corredores ferroviarios abandonados y corredores a lo largo de infraestructura usada para servicios públicos. También pueden planificarse como parte de un sistema interconectado de parques y alamedas.
- El cierre definitivo de calles puede ser aprovechado para generar senderos independientes.
- Estos pueden conectarse con rutas en la vía destinadas a ciclistas y peatones.

### Beneficios

- Pueden generar mayor conectividad en vías destinadas a ciclistas y peatones.
- Pueden traer beneficios económicos al entorno circundante.
- La segregación completa del tránsito motorizado brinda una experiencia más segura.

### Uso

- Debe garantizarse la separación de ciclistas y peatones; si esto no es posible, debe limitarse la velocidad de los ciclistas y dar prioridad a los peatones.
- Se recomienda proporcionar buena iluminación y otras medidas relacionadas con la seguridad.
- Se deben evitar curvas muy bruscas.

### Evidencia

- Se ha demostrado que los senderos exclusivos para bicicletas claramente señalizados brindan a los ciclistas mayor seguridad a diferencia de los carriles con usuarios mixtos (Reynolds et al. 2009).
- En Vancouver (Canadá) se encontró que los senderos independientes son una de las infraestructuras más seguras para desplazarse en bicicleta (Teschke et al. 2012).

## 6.4 CALLES COMPARTIDAS

Las calles compartidas con bicicletas, también conocidas como bulevares para bicicletas, son vías de poco tránsito y baja velocidad optimizadas para el uso de la bicicleta por medio de medidas que incluyen mecanismos para calmar el tránsito, reducciones y reorientaciones del flujo vehicular, señales y marcas en el pavimento e intervenciones en intersecciones.



Calle de uso compartido con bicicletas, con diseño tipo bulvar, señalización vial y medidas de tránsito calmado.

### Principios

- Implementadas en calles con bajo volumen de tránsito donde los automóviles circulan entre 20 y 30 km/h con un máximo de 40 km/h.
- Adoptar medidas para calmar el tránsito a fin de limitar el volumen y la velocidad de los vehículos motorizados.
- Se deben introducir medidas para reducir el tránsito, tales como desviadores y mini-glorietas que restringen o impiden el paso de automóviles pero permiten el paso de ciclistas.
- Se les debe dar prioridad en las intersecciones para generar cruces más seguros y reducir los conflictos con vehículos que circulan a mayor velocidad, usando de recuadros marcados para bicicletas en la calzada, señalización y medidas de tránsito calmado el para paso perpendicular, refugios peatonales, medianas, etc.
- Se la debe dar prioridad a los desplazamientos en bicicleta mediante el uso de señalización y marcación en calzada.

### Beneficios

- Permiten dar un mejor uso a calles de poco tránsito.
- Generan un entorno menos ruidoso, más seguro y agradable, lo cual puede beneficiar a la comunidad local y en particular a los propietarios de las viviendas ubicadas a lo largo de estas calles.

### Uso

- Los bulevares para bicicletas deben brindar conectividad con destinos clave como centros de estudio, trabajo, compras, lugares recreativos y el transporte público.
- Dado que estas calles son de tránsito mixto, se requiere prestar suma atención para que los automóviles circulen a una velocidad segura para los ciclistas. Si esta cuestión no es abordada a lo largo del bulvar y en los cruces con vías principales, no se aportará ninguna mejora en cuanto a seguridad vial.



Figura 6.4 | Calles compartidas

Un *fietsstraat* (vía para bicicletas) en los Países Bajos tiene marcas en la calzada y señales que indican que es un bulvar para bicicletas.

- Las calles de uso compartido pueden lograr una mejor integración con sistemas ecológicos de tratamiento de aguas pluviales, arte público, iniciativas de paisajismo y árboles en la calle. También conectan los servicios peatonales con las instalaciones que requieren los ciclistas al terminar sus recorridos (estacionamientos para bicicletas que sean seguros y suficientes).

### Evidencia

- De acuerdo con una investigación hecha en Berkeley, California, las tasas de colisiones en los bulevares para bicicletas son de dos a ocho veces menores que las registradas en vías arteriales paralelas o adyacentes. Esta diferencia es muy significativa desde un punto de vista estadístico (Minikel 2012).

## 6.5 SEGURIDAD VIAL EN INTERSECCIONES

Una intersección más segura para los ciclistas puede comprender diversos elementos como pavimento pintado, señalización en la calzada, recuadros para bicicletas, semáforos para bicicletas y fases simultáneas en verde para los ciclistas. Debe prestarse especial atención a la infraestructura para bicicletas en intersecciones y entradas, para asegurarse de que los conductores vean a los ciclistas y para reducir los conflictos en los puntos de giro.



Una intersección que mejora la visibilidad de los conductores y ciclistas que se acercan con un recuadro para bicicletas que permite a los ciclistas los conflictos en los puntos de giro.

### Principios

- Es necesario reducir al mínimo los posibles puntos de conflicto en las intersecciones y lograr que los automóviles reduzcan la velocidad al aproximarse a las intersecciones por medio de cruces elevados, reductores de velocidad, entre otros.
- Al menos 10 metros antes de la intersección deben eliminarse los espacios de estacionamiento próximos a la acera, esto aumenta la visibilidad entre conductores y ciclistas.
- Se recomienda retroceder la línea del pare vehicular unos 5 metros para mejorar la visibilidad de los ciclistas (a veces esta área se marca con un recuadro en la calzada); la línea de pare de las bicicletas debe ubicarse inmediatamente detrás del cruce peatonal.
- Se considera que los giros a la izquierda en dos pasos—donde los ciclistas cruzan hasta la otra esquina, giran y luego continúan en línea recta—son más seguros que el permitirles girar a la izquierda en el lado izquierdo del carril vehicular.

Se puede pintar un recuadro para bicicletas delante del cruce peatonal de la calle para dar espacio a los ciclistas que esperan el giro a la izquierda. (Para información más detallada, véase el Recuadro 5.2).

- Los carriles de doble sentido son menos seguros porque implican movimientos impredecibles por parte de los ciclistas, especialmente en los cruces. Estas configuraciones viales requieren medidas especiales para calmar el tránsito en las intersecciones como cruces elevados para bicicletas, reductores de velocidad u otras medidas similares, así como configuraciones de semáforos que eliminen los conflictos con vehículos que giran.

### Beneficios

- Las intersecciones son los puntos de mayor conflicto entre ciclistas y conductores, así que al incrementar la visibilidad y protección a los ciclistas se mejora su seguridad y comodidad.
- Las buenas condiciones para los ciclistas pueden mejorar la delimitación entre peatones y ciclistas.
- Los cruces elevados y los refugios peatonales reducen la velocidad del tránsito motorizado en las intersecciones.

### Uso

- Las intersecciones deben diseñarse conforme a cada espacio en particular tomando en cuenta las necesidades del tránsito que circula en ese punto.
- Los recuadros para bicicletas por lo general se usan en intersecciones con semáforos donde hay mucho tránsito de bicicletas, especialmente en aquellas intersecciones donde hay conflicto con las bicicletas que giran a la izquierda y los automóviles que giran a la derecha.
- Se recomienda usar marcas y colores en la calzada para aumentar la visibilidad de los ciclistas.
- Los recuadros para bicicletas pueden combinarse con una fase de semáforo específica para bicicletas a fin de permitir que los ciclistas crucen la intersección antes que los conductores.



Figura 6.5 | Seguridad vial en intersecciones

Intersección en Ámsterdam diseñada para mejorar la visibilidad entre ciclistas y conductores con una eliminación gradual del carril de estacionamiento.

## RECUADRO 6.1 | GIROS A LA IZQUIERDA EN CALLES CON CARRILES PARA BICICLETAS

Los giros a la izquierda son uno de los movimientos más complicados en las intersecciones, por esta razón es importante conocer los diferentes aspectos de seguridad vial que ofrece cada diseño.

En algunas guías, como la *Urban Bikeway Design Guide de la National Association of City Transportation Officials* (NACTO)—asociación con sede en Estados Unidos—los recuadros para bicicletas son descritos como lugares donde los ciclistas se ubican delante de los automóviles para girar a la izquierda (NACTO 2013). Igualmente, en manuales elaborados en Irlanda y los Países Bajos, los recuadros se describen como una opción donde los ciclistas entran en un carril de espera para girar la izquierda, pero esto pone a los ciclistas en riesgo mientras giran (CROW 2007; NTA 2011).

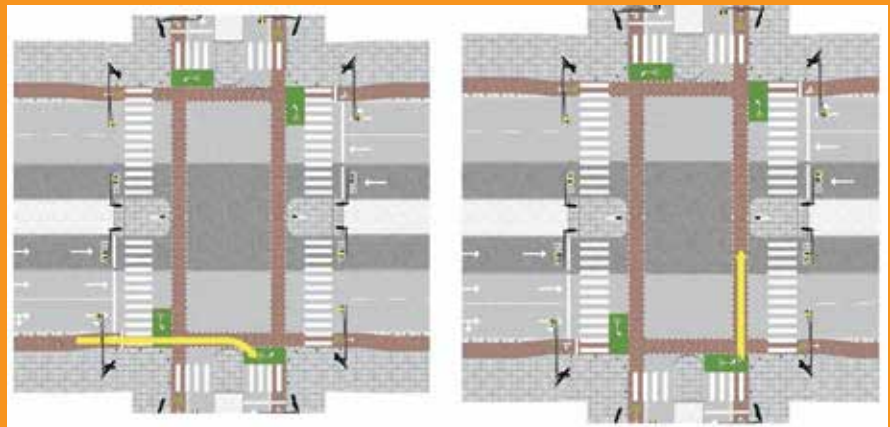
Los giros en dos pasos son un diseño más seguro. Una guía elaborada en los Países Bajos indica que los giros a la izquierda en dos etapas son una alternativa para reducir conflictos (CROW 2007). En una guía nacional para las ciudades de México también se hace referencia a este diseño (ITDP 2011). Varias investigaciones en China también revelan que los cruces en dos pasos pueden ser beneficiosos (Wang et. al 2009). Una desventaja de este diseño es que puede dejar a los ciclistas esperando en la calle, situación que consideran insegura, por ello la guía de NACTO recomienda ubicar a los ciclistas al lado de un bordillo o en un área de estacionamiento. La guía irlandesa refuerza lo anterior al señalar que el “área de apilamiento” debe ser muy visible sin obstruir el cruce de peatones o el paso de ciclistas que siguen derecho. Un semáforo que tiene un ciclo

de cambio corto puede incentivar a los ciclistas a esperar y girar en dos pasos. Por último, en el manual CROW 2007 de los Países Bajos se indica que los semáforos de una intersección pueden ser coordinados para que den luz verde exclusivamente a los ciclistas permitiéndoles girar a la izquierda en todos los sentidos de la intersección. Esta puede ser la solución ideal para intersecciones con alto volumen de ciclistas, pero podría aumentar el tiempo de espera para todos los usuarios de la vía. En este caso, el problema puede reducirse si los semáforos tienen ciclos breves.

Se requieren más investigaciones para evaluar los efectos de estas intervenciones en materia de seguridad vial y medir la repercusión de cualquiera de las medidas que se adopten.

Figura 6.5.2 | Ejemplo de giro a la izquierda en dos pasos

Los ciclistas deben seguir derecho cuando tengan luz verde y cruzar la primera calle, detenerse en un recuadro de espera a la derecha de la vía y esperar que la luz cambie a verde antes de proceder a cruzar la otra calle.



### Evidencia

- El 77% de los ciclistas entrevistados para un estudio opinaron que es más seguro cruzar las intersecciones que tienen recuadros para bicicletas. Según el mismo estudio los recuadros para bicicletas reducen en un 20% la invasión de intersecciones por parte de vehículos motorizados (Monseré y Dill 2010).
- Al mejorar el diseño de las intersecciones en Pekín para permitir giros a la izquierda en dos pasos, los conflictos entre conductores y ciclistas se redujeron 24% (Wang et. al 2009).
- Según estudios realizados en Finlandia y en los Países Bajos, las medidas adoptadas para reducir la velocidad vehicular (por ejemplo cruces elevados para bicicletas) mejoraron los patrones de búsqueda visual de los conductores a favor de ciclistas que venían de la derecha, dándoles más tiempo para percibir la presencia de ciclistas (Summala et al. 1996; Schepers et al. 2011).

## 6.6 SEGURIDAD VIAL EN PARADAS DE AUTOBÚS

Los ciclistas entran en conflicto con los peatones que suben y bajan en las paradas de autobús, por lo que debe adoptarse un diseño especial que dé cabida a las necesidades de ambos tipos de usuarios. Construir un carril para bicicletas detrás de las paradas de autobús puede ayudar a evitar colisiones entre ciclistas y pasajeros de los autobuses, pero si esto no está previsto, debe buscarse alguna forma de dar prioridad a los peatones.



En las paradas de autobús el diseño de carriles para bicicleta debe prestar atención a las necesidades de los ciclistas y peatones.



Figura 6.6 | Seguridad vial en paradas de autobús

En una parada de autobús en Río de Janeiro (Brasil) el carril para bicicletas se eleva al nivel de la acera y evita el área de espera del transporte público.

### Principios

- Garantizar el fácil acceso a las paradas de autobús para personas con movilidad reducida.
- El diseño puede incluir carriles para bicicletas a nivel de acera o calle, con cortes en el bordillo, que faciliten el paso de peatones hacia la plataforma de espera del autobús.
- El diseño y la señalización deben garantizar que los ciclistas desaceleren y den paso a los peatones que cruzan el espacio compartido.
- Los carriles para bicicletas deben ser ampliados en las curvas para que los ciclistas no corran el riesgo de caerse.
- Se recomienda un ancho mínimo de 3 metros y una longitud de 20 metros para las zonas de embarque y espera.

### Beneficios

- El riesgo de colisión o siniestros se reduce en las paradas de autobús tanto para los peatones como para los ciclistas.
- Garantiza un fácil acceso a las paradas de autobús y además genera un carril para bicicletas alrededor de estas.

### Uso

- Si se prohíbe elevar el carril al nivel de la acera o llevarlo por detrás de la parada, se puede usar señalización con pintura para marcar el área de prioridad peatonal.
- Puede que sea necesario ajustar el tamaño del área de espera según el número de pasajeros que suben y bajan en las paradas de autobús.

### Evidencia

- Diversos estudios han revelado que las colisiones entre ciclistas y peatones causan lesiones graves, y que un mayor control sobre los espacios compartidos puede reducir el número de peatones heridos, particularmente de la tercera edad (Chong et al. 2010). Debe considerarse el reducir este tipo de conflictos en las paradas de autobús.

## 6.7 SEMÁFOROS PARA BICICLETAS

Cruzar intersecciones es más seguro si hay semáforos para bicicletas, de esta forma los ciclistas pueden determinar con claridad a quién le corresponde el paso y cuándo deben cruzar la intersección. Además, este tipo de semáforos le dan prioridad al ciclista dependiendo de la señal. Se pueden combinar los semáforos para bicicletas con botones para activar el paso, recuadros para bicicletas y marcas en la calzada a fin de mejorar la seguridad de quienes cruzan intersecciones en bicicleta.



Los semáforos para bicicletas pueden ubicarse en lugares visibles para informar a los ciclistas cuándo pueden cruzar.

### Principios

- Los semáforos para bicicletas debe diseñarse e ubicarse de manera que sean visibles para los ciclistas y no para los conductores, así se evita que los conductores se adelanten al cambio de señal.
- Deben usarse junto con los semáforos convencionales en las intersecciones.
- Deben usarse semáforos de tres luces para que se distingan de los semáforos peatonales.

### Beneficios

- Dan prioridad a los ciclistas en las intersecciones. La fase “pre-verde” para ciclistas, aumenta su visibilidad.
- Evitan conflictos entre ciclistas y conductores en las intersecciones, al separar el paso de bicicletas y automóviles según las distintas fases del semáforo.

### Uso

- Se recomienda usar semáforos para bicicletas en intersecciones con un alto volumen de tránsito de bicicletas.
- En aquellas intersecciones donde los ciclistas hacen muchos giros a la izquierda o la derecha, es recomendado incluir una fase “pre-verde” para ciclistas, es decir, dar unos segundos en los cuales se da prioridad al paso de ciclistas.
- Son útiles en intersecciones complejas difíciles de cruzar para los ciclistas de no haber un semáforo para bicicletas.
- Son útiles en intersecciones cercanas a escuelas y universidades.

### Evidencia

- Datos recopilados en Portland, Oregón, indican que los semáforos para bicicletas pueden reducir el número de colisiones entre bicicletas y vehículos (Thompson et al. 2013).



Figura 6.7 | **Semáforos para bicicletas**

Carril protegido para bicicletas en Estambul (Turquía) con un semáforo para bicicletas.

## RECUADRO 6.2 | PROGRAMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS



Introducir infraestructura nueva para los ciclistas puede ayudar a mejorar la tasa de uso de la bicicleta y ofrecer a la gente la posibilidad de adoptar un modo de transporte increíblemente sano cuando se consideran los beneficios de la actividad física. Las ciudades pueden ir más allá de la adopción de carriles seguros para bicicletas y proporcionar bicicletas a los ciudadanos a través de programas de bicicletas públicas, los cuales ha tenido mucho éxito en países emergentes como China y México.

Uno de los casos más notables es el programa de bicicletas públicas Ecobici de la Ciudad de México, que se puso en marcha en el 2010. Hoy en día cuenta con unos 73.000 usuarios y 27.500 recorridos diarios gracias a que dispone de más de 4.000 bicicletas en 275 estaciones. China, por su parte, tiene los programas de bicicletas públicas más grandes del mundo, el de Hangzhou,

por ejemplo tiene 66.500 bicicletas en 2.700 estaciones. A escala mundial, hoy en día existen más de 500 ciudades con programas de bicicletas compartidas (Hidalgo y Zeng 2013).

Diversos estudios en los cuales se han examinado los programas de bicicletas públicas revelan que estas iniciativas tienen potencial en cuanto a beneficios para la salud. Un estudio en Barcelona, España reveló que el aumento del riesgo asociado con la exposición a la contaminación del aire y las colisiones viales, medidas en términos porcentuales, fue casi nulo, pero se salvaron más de doce vidas al año gracias a la actividad física que emprendieron las personas al adoptar una forma más activa de transporte (Rojas-Rueda et al. 2011). Una revisión de los programas de bicicletas públicas en Estados Unidos, Canadá y Europa indica que el riesgo de colisiones entre

usuarios del programa es menor que el del ciclista promedio (Kazis 2011). Los expertos han señalado que esto puede deberse a que las bicicletas de estos programas se mueven a menor velocidad, son más resistentes, están diseñadas para mantener a los ciclistas en posición vertical, tienen luces incorporadas y a menudo se usan para recorridos cortos, lo cual puede limitar la exposición.

Se requieren más investigaciones sobre la seguridad vial de los programas de bicicletas públicas que se están adoptando en países con mayores tasas de colisiones viales, especialmente en América Latina y China. También es importante que las ciudades interesadas en estos programas adopten medidas para mejorar la seguridad vial de la infraestructura en las calles.





广州公共自行车

G04-002496

惠民  
低碳出行



# Línea 4



Bellas Artes



Ruta Norte  
Por República de Venezuela

- Estación
- Delegación Cuauhtémoc
- Paseo de Aranda
- Museo de San Carlos
- Hidalgo
- Bellas Artes**
- Teatro Bismarck
- República de Chile
- República de Argentina
- Teatro del Pueblo
- Miraflores
- Financiera de Centro
- Museo
- Archivo de la Nación
- San Lázaro
- Anillo T1
- Anillo T2



## BUENA VISTA

### 549

\$6.00

Centro Histórico  
Downtown  
ITS

# ACCESO SEGURO A ESTACIONES Y PARADAS DE TRANSPORTE MASIVO

Un sistema de transporte público bien diseñado es un elemento clave para la seguridad en las calles. El transporte público de alta calidad es el modo de transporte más seguro y mueve el mayor número de personas (ETSC 2003; Elvik y Vaa 2009). Sin embargo, en muchas ciudades, especialmente en los países de ingresos medianos y bajos, el transporte masivo funciona de manera informal con poca supervisión (Restrepo Cadavid 2010), por lo tanto, este se percibe como inseguro y es generalmente asociado a un mayor riesgo de colisiones.

Para que el transporte público tenga un efecto positivo en la seguridad vial, debe enmarcarse en un sistema organizado que le dé la prioridad correspondiente. Nuestras investigaciones indican que cuando las ciudades construyen corredores de buses, al tiempo que organizan el servicio bajo sistemas empresariales, tienen mayor impacto en la seguridad vial que si simplemente dan prioridad a buses convencionales o informales. Los datos de implementación de sistemas de autobuses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés)—como Macrobus en Guadalajara, TransMilenio en Bogotá y Janmarg en Ahmedabad—muestran una reducción significativa en el número de colisiones y muertes en sus corredores.

Las investigaciones de EMBARQ se han centrado en identificar los factores de riesgo y tipos de colisiones comunes en estas vías de transporte público, para así proporcionar directrices de diseño más seguras. En los corredores del transporte masivo los principales riesgos de seguridad vial dependen de las características geométricas de su diseño, más que en el tipo de tecnología usada (en autobús o tranvía o tren ligero) o en la región del mundo donde se encuentren. La mayoría de las recomendaciones que

se presentan en este capítulo se centran en sistemas de autobuses, adoptados en varias ciudades del mundo, relativamente más fáciles de mejorar que otros modos. En el informe del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) titulado *Traffic Safety on Bus Priority Systems* pueden encontrarse lineamientos más detallados.

Aunque las recomendaciones que se presentan en este y otros capítulos de esta guía pueden aplicarse al diseño de puntos de acceso para otros modos del transporte público, se necesitan más investigaciones que aborden el cómo las ciudades pueden fomentar los accesos y desplazamientos más seguros dentro de un sistema integrado de transporte.

En este capítulo se muestra cómo se puede mejorar la seguridad vial en los corredores prioritarios del transporte en autobús mediante un mejor diseño de:

- Intersecciones
- Pasos peatonales a mitad de cuadra
- Estaciones en carriles de autobús y BRT
- Terminales y transbordos
- Paradas de autobús a mitad de cuadra

## RECUADRO 7.1 | TIPOS DE COLISIONES COMUNES EN CARRILES PARA AUTOBUSES Y SISTEMAS BRT

En la publicación *Traffic Safety on Bus Priority Systems*, EMBARQ presenta una serie de lineamientos basados en investigaciones realizadas en todo el mundo que pueden servir de guía para crear corredores de autobuses más seguros. Parte del análisis de los datos recopilados reveló los tipos de colisiones más comunes a lo largo de estos corredores, entre los que se encuentran:



### 1. Peatones en el carril de autobuses

A veces los peatones atraviesan el tránsito motorizado, lento o detenido, para ser atropellados por un autobús que circula en un carril exclusivo para autobuses. Los conductores de los autobuses tienen poco tiempo para reaccionar porque a menudo los vehículos de los otros carriles les impiden ver a los peatones que cruzan. Este tipo de colisiones generalmente causan lesiones mortales.



### 2. Giros a la izquierda frente un carril de autobuses

Esta es una de las colisiones más comunes entre autobuses y demás conductores cuando los carriles para autobuses se ubican en las vías centrales. Si no se restringen o controlan los giros a la izquierda en las intersecciones, un automóvil que gira a la izquierda frente al carril para autobuses puede ser arrollado por un autobús que continúa su camino.



### 3. Tránsito mixto en carriles para autobuses

Este tipo de colisión sucede cuando se adoptan carriles exclusivos para autobuses. La falta de una barrera física entre el carril para autobuses y los carriles de tránsito mixto permite que algunos vehículos ingresen ilegalmente a los carriles de autobuses y choquen.



### 4. Colisiones entre autobuses y ciclistas

En ocasiones los ciclistas hacen uso de los carriles exclusivos para autobuses ya que las parecen más seguros que los carriles de tránsito mixto, pero pueden sufrir lesiones graves si son atropellados por autobuses que circulan a alta velocidad. También a veces los ciclistas intentan hacer maniobras evasivas al pasarse a otros carriles cuando se acercan los autobuses, por lo cual pueden ser atropellados por vehículos que pasan en dirección contraria, o perder el control y estrellarse contra los separadores. En las paradas a un lado de la acera, los autobuses que se mezclan con el tránsito mixto también pueden ser peligrosos para los ciclistas.



### 5. Colisiones por alcance en una parada o estación

Esto ocurre cuando un autobús se alinea detrás de otro en la plataforma de una estación, pero entra demasiado rápido y choca con el autobús que está adelante.



### 6. Colisiones entre autobuses dentro de las estaciones

Estas colisiones ocurren en sistemas con múltiples carriles para autobuses y carriles expreso. Los autobuses que salen de la estación e ingresan en el carril expreso chocan con autobuses que ya están allí, ya sea porque están pasando o entrando a la estación. Una colisión con un autobús expreso es más grave ya que estos se desplazan a mayor velocidad.

Fuente: Duduta et al. 2015

## 7.1 INTERSECCIONES EN CORREDORES DE AUTOBUSES

La clave para garantizar la seguridad vial en cualquier corredor de autobús consiste en mantener las calles estrechas y utilizar un diseño sencillo y compacto en las intersecciones. El tamaño y la complejidad de las intersecciones son factores que permiten predecir mayores frecuencias de colisiones en los corredores de autobuses.



Intersección de cuatro ramales con carriles para autobuses en medio de la vía.



Intersección de cuatro ramales con carriles para autobuses al lado de la acera.

### Principios

- Deben restringirse los giros a la izquierda frente a los carriles para autobuses ubicados en las vías centrales, ya que están particularmente asociados a una mayor frecuencia de colisiones entre autobuses y otros vehículos.
- Cuando no es posible evitar los giros a la izquierda, se aconseja implementar un semáforo con fase protegida y un carril exclusivo para el giro. No debe permitirse que el tránsito mixto entre al carril exclusivo para autobuses.
- Hay que prestar atención a los giros a la derecha frente a los carriles para autobuses ubicados al lado de la acera de igual manera que a los giros a la izquierda frente al carril exclusivo central.
- Si se proporciona un carril para girar a la derecha en intersecciones con carriles para autobuses al lado de la acera, se debe tener en cuenta los autobuses que esperan en la intersección pueden impedir que los peatones vean los vehículos que están girando. Por lo tanto, es mejor permitir que el tránsito mixto ingrese al carril de autobuses antes de girar a la derecha.
- En los semáforos, el cruce peatonal debe durar lo suficiente como para que los peatones crucen la calle por completo. Para determinar la duración de la fase verde peatonal recomendamos calcular que los peatones caminan a una velocidad de 1,2 metros/segundo.
- Los semáforos deben mantenerse con un número mínimo de fases y una configuración sencilla.

### Beneficios

- La segregación de los flujos de tránsito reduce al mínimo los posibles conflictos entre autobuses, otros vehículos motorizados, peatones y ciclistas.
- La eliminación de los giros a la izquierda evita uno de los giros más peligrosos en una intersección.
- Una configuración sencilla con menos fases en los semáforos puede reducir los tiempos de espera no solo de los autobuses sino también de los peatones y el tránsito en general. Esto mejora el rendimiento de los autobuses y aminora el impulso de los peatones de cruzar cuando no es debido.
- Las calles estrechas e intersecciones compactas pueden reducir la exposición de los peatones y calmar el tránsito.

### Uso

- Un circuito es una alternativa para los giros a la izquierda que pasan frente a un carril de autobuses. De esta manera, en vez de hacer un giro a la izquierda, los vehículos tendrían que hacer tres giros a la derecha (o en algunos casos un giro a la derecha y dos a la izquierda). Esta opción es factible si las cuerdas tienen menos de 150 a 200 m, lo que reduce la longitud del desvío, y si las vías por las cuales circulan los vehículos pueden absorber el tránsito adicional.
- Se recomienda adoptar semáforos especiales para autobuses (distintos a los convencionales).
- Pueden permitirse giros a la izquierda pero en un menor número de intersecciones.
- El separar los carriles de autobuses de otros carriles de tránsito con alguna barrera física, mejora el desempeño del sistema al prevenir colisiones con otros vehículos.

### Evidencia

- Los modelos usados por EMBARQ para medir la frecuencia de las colisiones indican que cada carril adicional que entra en una intersección aumenta 10% el número de colisiones. Las intersecciones más sencillas son las más seguras (Duduta et al. 2015).
- Algunos datos recopilados en Bogotá, Ciudad de México y Guadalajara indican que permitir el tránsito mixto en un carril para autobuses constituye un riesgo para la seguridad y genera un aumento en el número de colisiones con autobuses (Duduta et al. 2015).
- Cada giro a la izquierda que se agregue en una intersección puede aumentar el número de atropellos en un 30% y el de colisiones vehiculares en un 40% (fuente: modelos de EMBARQ para la ciudad de México y Porto Alegre).
- Los carriles de autobuses en vías centrales han demostrado tener un mayor impacto en la seguridad vial, así como un mejor desempeño operativo (Duduta et al. 2015).

## 7.2 PASOS PEATONALES A MITAD DE CUADRA

Los atropellos a mitad de cuadra son el principal problema de seguridad vial que existe en corredores de autobuses. Los carriles para autobuses pueden convertirse en una barrera al acceso peatonal si el número de pasos a mitad de cuadra es insuficiente. Esto también puede aumentar la probabilidad de que los peatones crucen sin ningún tipo de protección o incluso que salten las barreras divisorias, lo que aumenta la probabilidad de un atropello. Sin embargo, los pasos a mitad de cuadra bien diseñados pueden mitigar este tipo de colisiones y mejorar la seguridad vial.



Cruce peatonal a mitad de cuadra de una arteria urbana.

### Principios

- Se deben generar pasos para peatones con suficiente frecuencia para que no crucen la vía de forma ilegal (véase la sección sobre el tamaño de las cuadras en la página 23), aunque si no es posible, se pueden usar barreras físicas como barandas o mallas con vegetación para dirigir a los peatones a los pasos permitidos.
- Los peatones deben poder cruzar la calle en una sola fase semafórica.
- El volumen de peatones depende del uso del suelo adyacente, por lo tanto esto debe considerarse en el diseño.
- Los pasos peatonales cercanos a centros comerciales y edificaciones religiosas o educativas pueden tener un mayor tránsito de personas.

### Beneficios

- Los pasos bien diseñados a mitad de cuadra pueden mejorar la seguridad vial y la accesibilidad de peatones, sin sacrificar el desempeño de los carriles de autobuses.
- Las medianas y refugios peatonales reducen a más de la mitad la distancia que los peatones deben cruzar sin protección.

### Uso

- En arterias urbanas todos los cruces deben tener semáforos y estar al nivel de la calzada. Los reductores de velocidad pueden aumentar aun más la probabilidad de que los conductores se detengan en los cruces. Se deben proporcionar pasos escalonados, de manera que los peatones estén frente a la dirección del tránsito al cruzar. Además, los pasos escalonados brindan más espacio de espera en caso de que los peatones no logren cruzar en una sola fase semafórica.
- Se pueden usar las chicanas y otros mecanismos de tránsito calmado en calles más estrechas con un solo carril en cada sentido, a medida en que se cumpla la normatividad de la ciudad.
- Los puentes peatonales solo son eficaces en autopistas dónde los vehículos pasan a altas velocidades, lo que no permite cruzar

la vía de forma segura a nivel de la acera. Se deben ubicar cercas o barreras de seguridad para impedir el paso de peatones y se debe asegurar que estas medidas efectivamente lleven a las personas a usar el puente peatonal.

- La distancia entre pasos peatonales con semáforos en calles urbanas no debe ser mayor a 300 metros.
- Deben colocarse bolardos en las intersecciones para proteger a los peatones y para evitar giros ilegales en U a través de los carriles para autobuses.

### Evidencia

- El 93% de los atropellos registrados en Porto Alegre ocurrieron en puntos a mitad de cuadra (calculado a partir de datos sobre colisiones del año 2011).



Figura 7.2 | Pasos peatonales a mitad de cuadra

El paso a mitad de cuadra en una vía con carriles de autobuses en Juiz de Fora (Brasil) incluye un semáforo y un paso elevado señalizado en un segmento con tránsito a 25 km/h, lo cual permite un cruce peatonal más seguro.

## 7.3 ESTACIONES EN CARRILES DE AUTOBUSES Y BRT

El diseño de estaciones puede prevenir movimientos peligrosos del tránsito y mejorar la accesibilidad y la operación en general. Las estaciones y áreas circundantes tienen mayores volúmenes de peatones debido a la cantidad de personas que entran y salen de estas, lo cual aumenta el riesgo de que los peatones se vean involucrados en colisiones. Además, las estaciones cercanas a intersecciones deben ser diseñadas de manera tal que los autobuses puedan esperar o girar en ellas.



Acceso peatonal a una estación de autobuses de tránsito rápido (BRT) en carriles centrales.

### Principios

- Pueden usarse puntos de acceso controlados en estaciones cerradas ubicadas cerca de intersecciones, a fin de guiar a los peatones a los pasos peatonales con semáforos.
- El número excesivo de personas en las plataformas, cruces peatonales, medianas o refugios peatonales puede incitar a los peatones a caminar a lo largo de la vía o hacer cruces ilegales. El diseño de las estaciones debe tener en cuenta el volumen previsto de pasajeros para reducir la probabilidad de que ocurran aglomeraciones.

- El diseño de estaciones también puede prevenir las colisiones entre autobuses. Reducir los límites de velocidad en las estaciones y ofrecer mayores áreas de entrada puede reducir el número de colisiones.

### Beneficios

- Puede mejorar la capacidad y accesibilidad a las estaciones y mejorar la seguridad vial y el desempeño general del sistema.
- Independientemente del tipo de sistema que se utilice, las estaciones cerradas con plataformas altas pueden evitar que los peatones hagan movimientos peligrosos al hacer caso omiso de las normas de tránsito.
- Los recuadros y carriles para bicicletas marcados en la calzada pueden facilitar el giro de los ciclistas a la izquierda en intersecciones con semáforos.

### Uso

- Instalar barreras de seguridad entre los carriles puede evitar los cruces ilegales. Las barreras de seguridad que se usan en las plataformas deben extenderse a lo largo de la estación, además de tener al menos 1,7 metros de alto y ser resistentes al daño.
- Las de puertas que se abren solo cuando el autobús se ha acoplado a la estación en la plataforma brindan seguridad si están bien diseñadas y se les hace mantenimiento.
- El adoptar un límite de velocidad de 30 km/h dentro de la estación puede darle a los conductores más tiempo para reaccionar.
- En los sistemas con carriles expresos, debe existir un área para que los autobuses alcancen la velocidad adecuada antes de ingresar al sistema.
- Se puede establecer una zona antes de la estación para que el autobús que está atrás espere a que el autobús delantero salga de la estación antes de que este entre y se acople a la estación.

### Evidencia

- Las estaciones de carriles para autobuses en Porto Alegre (Brasil) tienen una mayor incidencia de atropellos que otros lugares, teniendo en cuenta otras diferencias que pudieran presentarse (Diogenes y Lindau 2010).



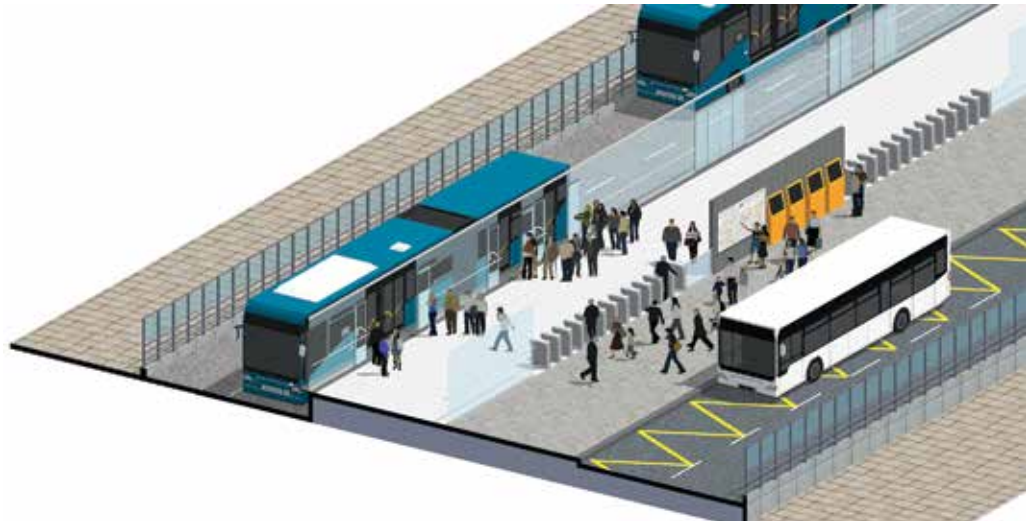
Figura 7.3 | Estaciones en carriles de autobuses y BRT

Las estaciones del BRT MOVE en Belo Horizonte son accesibles a través de cruces claramente marcados, señalización, y una rampa situada detrás de la estación que permite a los pasajeros entrar y salir de los vehículos mientras éstos dejan la estación.



## 7.4 TERMINALES Y TRANSBORDOS

Los transbordos más seguros entre dos rutas o modos de transporte son los que se realizan sin que los pasajeros salgan de la plataforma en la estación. Lo ideal es tener puntos integrados de transbordo, pero estos requieren de mucho espacio. En las ciudades más densas los transbordos pueden realizarse en una intersección, lo que requiere consideraciones relativas al diseño similares a las mencionadas en las secciones anteriores.



Transbordo entre una línea de BRT de piso alto y un servicio convencional de autobuses.

### Principios

- Lo ideal es contar con rutas directas hacia los destinos de los pasajeros, de esta manera los pasajeros esperan la ruta que desean tomar y evitan los transbordos. Sin embargo, esta opción es compleja desde un punto de vista operativo.
- Siempre que sea posible los transbordos entre diversos modos y rutas deben hacerse en una misma plataforma.
- Los transbordos en intersecciones con pasos peatonales señalizados permiten conectar a las estaciones o rutas adyacentes.
- Deben prohibirse los giros del tránsito que planteen conflictos con el acceso de peatones a las estaciones.

### Beneficios

- Si los transbordos entre modos y rutas son eficaces y convenientes, más pasajeros usarán el sistema.
- El diseño de los puntos de acceso a una terminal puede reducir al mínimo los conflictos entre los autobuses y garantizar un acceso peatonal seguro.
- Los puntos de transbordo bien diseñados permiten integrar eficientemente los diferentes modos de transporte.

### Uso

- El elevar el nivel de la calle al lado de la plataforma de espera, puede permitir el uso de autobuses de piso bajo y autobuses de piso alto en una misma plataforma.
- De ser posible, deben ubicar puentes o pasajes subterráneos peatonales para hacer transbordos entre estaciones vecinas que pasen por una intersección, de esta forma los transbordos pueden realizarse sin ningún problema.
- La modificación de rutas puede permitir el uso de una misma estación para múltiples rutas. Sin embargo, para ello es necesario que las intersecciones estén diseñadas para permitir que los autobuses realicen diferentes giros.

### Evidencia

- Nuestras investigaciones indican que las personas se encuentran mucho más seguras en la plataforma de un autobús o una estación, que cuando están caminando para entrar o salir de una estación. Los transbordos más seguros son los que se realizan dentro de una misma plataforma (Duduta et al. 2015).
- Según algunos estudios realizados por EMBARQ, en muchos sistemas de transporte público las principales estaciones de transbordo tienen el mayor número de colisiones debido al gran volumen de tránsito a su alrededor y mayor exposición de peatones (ibídem).



Figura 7.4 | Terminales y transbordos

Las fotos muestran transbordos en ambos lados de una misma plataforma, entre el sistema BRT TransMilenio y una ruta alimentadora.

## RECUADRO 7.2 | SEGURIDAD EN CORREDORES DE TRANVÍA Y TRENES LIGEROS

Este capítulo se centra principalmente en el acceso a las estaciones de autobuses, aunque se dan elementos clave para diseñar estaciones o corredores más seguros para trenes ligeros o tranvías. Los tranvías pueden usarse en una amplia variedad de rutas, algunas están completamente separadas del tránsito por medio de túneles subterráneos, otras van a lo largo de corredores ferroviarios o áreas costeras o ribereñas, o bien a lo largo o en el medio de las vías de la ciudad. Aunque en esta publicación no se presentan lineamientos detallados sobre tranvías, una revisión de las investigaciones realizadas sobre el diseño vial, muestra que los principales problemas con el diseño de tranvías guardan relación con: (a) los conflictos entre vehículos y tranvías; y (b) la seguridad peatonal, especialmente con respecto al acceso a las estaciones.

**Conflictos con vehículos: el tránsito mixto es el menos aconsejable.** Se ha determinado que los tranvías que circulan a nivel de la calle constituyen el diseño menos recomendado para los sistemas de trenes ligeros debido a los posibles conflictos con otros modos de transporte pues pueden obstaculizar el tránsito, limitar la velocidad y confiabilidad del transporte público, y plantear riesgos en materia de seguridad vial a vehículos y peatones (Richmond et al. 2014). Estos conflictos pueden evitarse con el uso de carriles exclusivos y asegurarse por medio de barreras físicas, como barandillas o cercas, que impidan a peatones y vehículos entrar en las vías del tren o tranvía. También pueden presentarse conflictos en las intersecciones, especialmente en puntos donde los vehículos giran frente a la ruta del tranvía. Esto requiere de semáforos separados para los vehículos que giran,



Un cruce elevado en Estambul ayuda a priorizar a los peatones en el punto de acceso a una estación del tranvía.

pero prohibir los giros a la izquierda puede reducir la probabilidad de que un tranvía choque con un vehículo que está efectuando esta acción (Pecheux y Saporta 2009).

**Seguridad peatonal.** Otro tema importante con los tranvías es el conflicto entre vehículos y peatones, particularmente en áreas alrededor de las estaciones. Un estudio realizado en Suecia reveló que tres cuartas partes de las lesiones que sucedieron por incidentes con autobuses y tranvías, ocurrieron en las paradas de estos, o bien en pasos peatonales (Hedelin, Bunketorp y Björnstig 2002). Entre las medidas que pueden adoptarse para mejorar seguridad vial se encuentra el reducir la velocidad de los vehículos—a través de reductores de velocidad, pasos peatonales elevados u otros mecanismos para calmar el tránsito—reducir las distancias

de cruce y asegurar una visibilidad clara a la entrada y la salida de las estaciones. Pueden usarse bocinas o campanas para alertar a los peatones de que se aproxima un tren. Entre otras intervenciones, se pueden usar barreras para impedir el cruce de peatones al paso de los trenes (Cleghorn 2009).

Se necesitan más investigaciones, en particular análisis estadísticos sobre los diseños que pueden maximizar la seguridad vial en los corredores de tranvías, ya que muchos de los problemas encontrados con los tranvías parecen ser similares a los que se observan con los sistemas BRT (Duduta et al. 2015). De todas maneras es importante que se realicen inspecciones y auditorías de seguridad vial para darles a los diseñadores información importante sobre la mejora de la seguridad vial.





# CONCLUSIÓN

El diseño de calles y barrios de una ciudad puede repercutir en la salud y la seguridad vial de los ciudadanos.

Las ciudades de todo el mundo toman decisiones sobre cómo configurar barrios y diseñar las vías. ¿Estas decisiones conducirán a calles como las de Copenhague, más amigables para peatones y ciclistas? o ¿a un sistema como el que caracterizó a Atlanta, dependiente del automóvil y orientado a las autopistas?

La combinación de esfuerzos por optimizar tecnologías vehiculares y la mejora de reglamentos sobre el uso de cinturones de seguridad y leyes sobre la conducción bajo efectos del alcohol, puede plantear un diseño más seguro para calles y comunidades tanto en megaproyectos de construcción, como en proyectos de renovación de viviendas, ciudades nuevas, zonas de expansión urbana, y en la reconsideración de calles urbanas existentes.

Las ciudades que se extendieron en Estados Unidos, Canadá y Europa, que fueron desarrolladas a finales del siglo XX, están revisando las políticas que han promovido la expansión urbana y una alta tasa de muertes a causa de siniestros de tránsito. Para llegar a comprender esto transcurrieron varias décadas, mientras que una ciudad como Copenhague actualmente observa los beneficios de 50 años de trabajo generando un entorno urbano orientado a las personas. La clave para que esto ocurra está

La seguridad vial debe ser un elemento integral de la movilidad urbana y otros planes urbanos —junto a preocupaciones por el medio ambiente, la energía y la movilidad— dentro de una visión sostenible a largo plazo.

en un desarrollo urbano sostenible centrado en los desplazamientos a pie y en bicicleta, el acceso al transporte público masivo, un desarrollo compacto, el uso mixto del suelo, la existencia de parques y espacios públicos cercanos, y un diseño vial seguro que reduzca la velocidad vehicular y perdone el error humano.

La seguridad vial urbana debe ser un elemento integral de la movilidad urbana y otros planes urbanos—junto a preocupaciones por el medio ambiente, la energía y la movilidad—dentro de una visión sostenible a largo plazo. Las autoridades y ciudadanos deben entender las decisiones que se deben tomar y deben trabajar con perseverancia para llevarlas a la práctica.

Para adquirir el conocimiento necesario que respalde la toma de decisiones, se deben realizar investigaciones y hacer un seguimiento continuo al desempeño de la seguridad vial. Las ciudades tienen que crear sus propias soluciones, adaptadas a contextos locales, y evaluarlas para obtener el impacto deseado.

Este informe tiene por objeto presentar los elementos básicos necesarios para diseñar calles y comunidades más seguras, de manera que las ciudades puedan crear y evaluar esas soluciones para poder reproducirlas. En esta versión piloto, se presentan numerosas soluciones, junto con datos probatorios y ejemplos, para que las ciudades las sometan a prueba. En una próxima versión se incorporarán todas las revisiones y aportes que se reciban a lo largo del proceso de prueba. Se espera además que esta guía sirva de inspiración para la creación de guías locales o nacionales que permitan reflejar mejor el contexto local y reducir el número de muertes y lesiones graves resultantes de siniestros de tránsito. De esta manera las ciudades pueden convertirse no solo en lugares más seguros para todos sus habitantes, sino también en lugares más sanos y más sostenibles para la vida.

## Ocho cosas que una ciudad puede hacer para mejorar la seguridad vial

1. Aproveche la experiencia de todos los usuarios de las vías. Para construir una ciudad segura y amable es indispensable consultar a todos los usuarios de la vía, pues los diferentes usuarios conocen a fondo sus propias necesidades.

2. Procure que múltiples sectores participen, ya que el gobierno no puede hacerlo solo. Busque aliados de distintas áreas del sector público y privado para que participen en el esfuerzo de adoptar prácticas más inclusivas para todos los usuarios de la vía, ya sea que actúen impulsados por una oportunidad de negocio o por un imperativo moral. Los museos, teatros, tiendas de comestibles, bancos, farmacias, iglesias y asociaciones de vecinos pueden ser líderes en la creación de ciudades seguras y amables.

3. Reconozca que un entorno seguro al moverse contribuye favorablemente a la economía.

4. Asegúrese de que los peatones, ciclistas y usuarios del transporte masivo conozcan las oportunidades y los recursos existentes.

5. Adopte un enfoque de “seguridad vial en todo”, en los procesos de planificación y diseño de comunidades. Rediseñe las intersecciones de las calles teniendo en cuenta la seguridad de todos los usuarios de la vía, haga énfasis en zonas cercanas a tiendas, servicios y en áreas con un alto índice de lesiones de peatones, y agregue asientos en las calles públicas siguiendo las recomendaciones que den los peatones sobre dónde ubicarlos.

6. Abogue por mejoras en el transporte público, haciendo hincapié en la necesidad de que el transporte sea seguro, accesible y acogedor para todos los usuarios. El disponer de buena iluminación, señales claras y conductores corteses puede ser tan importante como contar con la infraestructura apropiada.

7. Aumente las posibilidades de tener acceso a oportunidades que promuevan la salud y socialización. Expandir los esfuerzos para que los parques, senderos peatonales, piscinas, playas, centros de recreación y eventos públicos sean accesibles y acogedores para todos. Ofrezca programas de acondicionamiento físico y recreación que sean de interés para todos los usuarios.

8. Por último, pero no menos importante, planifique la seguridad vial a través de planes urbanos de movilidad, de acción y otros planes que tengan como prioridad la seguridad vial en el diseño urbano.

## REFERENCIAS

- Angel, Shlomo. *Planet of cities*. Cambridge, MA: Instituto Lincoln de Políticas de Suelo.
- American Planning Association, ed. *Planning and urban design standards*. John Wiley & Sons, 2006.
- Association for Safe International Road Travel (ASIRT). N.d. "Road Crash Statistics." Accessible at: <http://www.asirt.org/KnowBeforeYouGo/RoadSafetyFacts/RoadCrashStatistics/tabid/213/Default.aspx>. (accessed October 2013).
- Becerril, L. C., M. H. Medina, B. D. Serrano, B. A. Escamilla, A. H. Cantarell y H. R. López. 2008. "Geographic Information System for the attention and prevention of traffic accidents in Mexico City." 9a Conferencia mundial sobre prevención de lesiones y promoción de la seguridad. Mexico City: Instituto Nacional De Salud Publica.
- Bellefleur, O. y F. Gagnon. 2011. "Urban Traffic Calming and Health Literature Review." Québec : National Collaborating Center for Healthy Public Policy.
- Berthod, C. 2011. "Traffic Calming, Speed Humps and Speed Cushions." Ponencia presentada en el Congreso Anual de la Transportation Association of Canada en Edmonton, Alberta.
- Better Streets San Francisco. 2010. *San Francisco Better Streets Plan: Policies and Guidelines for the Pedestrian Realm*. San Francisco: San Francisco Planning Department. Disponible en: <http://www.sfbetterstreets.org/>.
- Bjornskau, T. 1993. "TOI-rapport 216." Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Black, J. L. y J. Macinko. 2008. "Neighborhoods and obesity." *Nutrition Review* 66 (1): 2–20.
- Bliss, T. y J. Breen. 2009. *Country Guidelines for the Conduct of Road Safety Management Capacity Reviews and the Specification of Lead Agency Reforms, Investment Strategies, and Safe System Projects*. Washington DC: World Bank Global Road Safety Facility.
- Booth, K.M., M. M. Pinkston, y W.S.C. Poston. 2005. "Obesity and the Built Environment." *Journal of the American Dietetic Association* 105 (5S): 110–117.
- Borthagaray, A. (dir.). 2009. "Ganar la calle: compartir sin dividir." Buenos Aires: Infinito. Disponible en: <http://ganarlacalle.org/>. (Consultado en octubre del 2013).
- Bunn, F., T. Collier, C. Frost, K. Ker, I. Roberts, y R. Wentz. 2003. "Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis." *Injury Prevention* 9: 200–204.
- Center for Science and Environment (CSE). 2009. *Footfalls: Obstacle Course to Livable Cities*. Nueva Delhi: Center for Science and Environment.
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 2009. "Le profil en travers, outil du partage des voiries urbaines." Lyon: CERTU. Disponible en: <http://www.voiriepour tous.developpement-durable.gouv.fr/ouvrage-le-profil-en-travers-outil-a159.html>. (accessed Oct 2013).
- Changcheng, L., G. Zhang, J. Zhang, y H. Zheng. 2010. "First engineering practice of traffic calming in Zhaitang Town in China." In *International Conference on Optoelectronics and Image Processing* Vol. 1: 565–568. Haiko, China: IEEE.
- Chias Becerril, L. y A. Cervantes Trejo. 2008. "Diagnóstico Espacial de los Accidentes de Tránsito en el Distrito Federal". Ciudad de México: Secretaría de Salud.
- Chong, S., R. Poulos, J. Olivier, W. L. Watson, y R. Grzebieta. 2010. "Relative injury severity among vulnerable non-motorised road users: comparative analysis of injury arising from bicycle–motor vehicle and bicycle–pedestrian collisions." *Accident Analysis & Prevention* 42 (1): 290–329.
- City of Copenhagen. 2010. "Copenhagen City of Cyclists: Bicycle Account." Copenhagen: Municipalidad de Copenhagen.
- City of New Haven. 2010. *New Haven Complete Streets Manual*. New Haven: Municipalidad de New Haven.
- City of Philadelphia. 2012. *Philadelphia Complete Streets Design Handbook*. Filadelfia: Mayor's Office of Transportation and Utilities.
- Cleghorn, Don. 2009. "Improving pedestrian and motorist safety along light rail alignments." *Transportation Research Board* 13. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Cörek Öztas, C. y M. Aki. 2014. *Istanbul Historic Peninsula Pedestrianization Project*. Istanbul: EMBARQ Turkey.
- CROW. 2007. *Design Manual for Bicycle Traffic*. Netherlands: National Information and Technology Platform for Transport, Infrastructure and Public Space.
- CTS México. 2010a. "Hacia ciudades competitivas bajas en carbono (C2C2), México." Disponible en: [http://www.ctsmexico.org/c2c2\\_Hacia\\_Ciudades\\_Competitivas\\_Bajas\\_Carbono](http://www.ctsmexico.org/c2c2_Hacia_Ciudades_Competitivas_Bajas_Carbono). (Consultado en octubre del 2013).
- CTS México. 2010b. *Manual de desarrollo orientado al transporte sustentable (DOTS), México*. Disponible en: <http://www.ctsmexico.org/Manual+DOTS>. (Consultado en octubre del 2013).
- CTS México. 2011. *Manual de espacio público y vida pública (EPVP), México*. Accessible at: <http://www.ctsmexico.org/Manual+EPVP>. (Consultado en octubre del 2013).
- Dalkmann, H. y C. Brannigan. 2007. "Transport and Climate Change." In: *Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities*. (Module 5e) Germany: GTZ.



- D.C. Department of Transportation. 2009. *Manual for Design and Engineering*. Washington, DC: Distrito de Columbia.
- DeJoy, David M. "An examination of gender differences in traffic accident risk perception." *Accident Analysis & Prevention* 24, no. 3 (1992): 237-246.
- Dimitriou, H. T. y R. Gakenheimer. 2012. *Urban transport in the developing world*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd.
- Diogenes, M. C. y L.A. Lindau. 2010. "Evaluation of Pedestrian Safety at Midblock crossings, Porto Alegre, Brazil." *Transportation Research Record* 2193: 37-43.
- Duduta, N., C. Adriazola-Steil, D. Hidalgo, L.A. Lindau, y R. Jaffe. 2012. "Understanding the Road Safety Impact of High Performance BRT and Busway Design Features." *Transportation Research Record* 2317: 8-16.
- Duduta, N., C. Adriazola y D. Hidalgo. 2012. "Sustainable Transport Saves Lives: Road Safety." Issue Brief. Washington, DC: World Resources Institute.
- Duduta, N., L.A. Lindau y C. Adriazola-Steil. 2013. "Using Empirical Bayes to Estimate the Safety Impact of Transit Improvements in Latin America." Ponencia presentada en la Conferencia Internacional sobre Seguridad Vial y Simulación, Roma, del 23 al 25 de octubre del 2013.
- Duduta, N., C. Adriazola-Steil, C. Wass, D. Hidalgo, L. A. Lindau y V.S. John. 2015. "Traffic Safety on Bus Priority Systems: Recommendations for Integrating Safety into the Planning, Design, and Operation of Major Bus Routes." Washington DC: EMBARQ/Grupo del Banco Mundial.
- Dumbaugh, E. 2005. "Safe streets, livable streets." *Journal of the American Planning Association* 71 (3): 283-300.
- Dumbaugh, E. y R. Rae. 2009. "Safe Urban Form: Revisiting the Relationship Between Community Design and Traffic Safety." *Journal of the American Planning Association* 75 (3): 309-329.
- Dumbaugh, E. y W. Li. 2011. "Designing for the Safety of Pedestrians, Cyclists, and Motorists in Urban Environments." *Journal of the American Planning Association* 77 (1): 69-88.
- Elvik, R., A. Høy y T. Vaa. 2009. *The Handbook of Road Safety Measures*. Bingley: Emerald Group Publishing.
- European Commission (EC). 2004. "City structure: København, Danmark." The Urban Audit. Disponible en: <http://www.urbanaudit.org/>. (Consultado en octubre del 2013).
- European Commission (EC). 2013. "On the Implementation of Objective 6 of the European Commission's Policy Orientations on Road Safety 2011-2020—First Milestone Towards an Injury Strategy." Documento de trabajo del personal de la Comisión. Bruselas: CE.
- European Transport Safety Council (ETSC). 2003. "Transport Safety Performance in the EU: A Statistical Overview." Bruselas: Consejo Europeo para la Seguridad Vial.
- European Transport Safety Council (ETSC). 2014. "Integrating Safety into the EU's Urban Transport Policy: ETSC's Response to the EC's Urban Mobility Package." Bélgica: Consejo Europeo para la Seguridad Vial.
- Ewing, R. y E. Dumbaugh. 2010. "The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence." *Injury Prevention* 16: 211-212.
- Ewing, R. y R. Cervero. 2010. "Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis." *Journal of the American Planning Association* 76: 265-294.
- Ewing, R., R.A. Schieber y C.V. Zegeer. 2003. "Urban Sprawl as a Risk Factor in Motor Vehicle Occupant and Pedestrian Fatalities." *American Journal of Public Health* 93: 1541-1545.
- Federal Highway Administration (FHWA). 2006. "Bikesafe: Bicycle Countermeasure Selection System." Disponible en: [http://www.bicyclinginfo.org/bikesafe/crash\\_analysis-types.cfm](http://www.bicyclinginfo.org/bikesafe/crash_analysis-types.cfm). (Consultado en julio del 2015).
- Federal Highway Administration (FHWA). 2006. "Lesson 3: Pedestrian and Bicyclist Safety." Curso de la Federal Highway Administration University sobre Desplazamientos en Bicicleta y a Pie.
- FHWA Safety. 2010. "Appendix B. Research Problem Statements." En *Pedestrian Safety Strategic Plan: Recommendations for Research and Product Development*. Disponible en: [http://safety.fhwa.dot.gov/ped\\_bike/pssp/fhwasa10035/appendixbcd.cfm](http://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/pssp/fhwasa10035/appendixbcd.cfm). (Consultado en octubre del 2013).
- FHWA Safety. 2013. "Traffic Calming Countermeasures Library." *Safer Journey*. Disponible en: <http://safety.fhwa.dot.gov/saferjourney/library/>. (Consultado en julio del 2015).
- Frumkin, H., L. Frank y R. Jackson. 2004. *The Public Health Impacts of Sprawl*. Washington, DC: Island Press.
- Georgia DOT. 2003. *Pedestrian and Streetscape Guide*. Atlanta: Departamento de Transporte de Georgia.
- Gould, M. 2006. "Life on the open road." *The Guardian*, 12 de abril del 2006. Disponible en: <http://www.theguardian.com/society/2006/apr/12/communities.guardiansocietysupplement>. (accessed October 2013).
- Harnen, S., R. S. Radin Umar, S. V. Wong y W. Hashim. 2004. "Development of prediction models for motorcycle crashes at signalized intersections on urban roads in Malaysia." *Journal of Transportation and Statistics* 7 (2/3): 27-39.
- Hedelin, A., O. Bunketorp y U. Björnstig. 2002. "Public transport in metropolitan areas—a danger for unprotected road users." *Safety Science* 40 (5): 467-477.

- Hidalgo, D. y C. Huizenga. 2013. "Implementation of Sustainable Urban Transport in Latin America." *Research in Transportation Economics* 40 (1): 66–77.
- Hidalgo, D. y H. Zeng. 2013. *On the Move: Pushing Sustainable Transport from Concept to Tipping Point*. Cityfix. Washington DC: EMBARQ.
- Hoehner, C., L. Ramirez, M. Elliot, S. Handy y R. Brownson. 2005. "Perceived and objective environmental measures and physical activity among urban adults." *American Journal of Preventive Medicine* 28 (2S2): 105–116.
- Huzevka, P. 2005. "Traffic Management in Sweden's Neighbourhoods: Examples from Gothenburg." Institute of Transportation Engineers. Disponible en: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1157831http://www.ite.org/css/online/>. (Consultado en julio del 2015).
- Institute of Transportation Engineers (ITE). 2010. *Designing Walkable Urban Thoroughfares: A Context Sensitive Approach*. Disponible en: <http://www.ite.org/css/online/>. (Consultado en octubre del 2013).
- Institute of Transportation Engineers (ITE). 2013. *Traffic Calming Measures*. Disponible en: <http://www.ite.org/traffic/tcdevices.asp>. (Consultado en octubre del 2013).
- ITDP México and I-CE. 2011. *Manual Ciclociudades*. Mexico: ITDP México.
- Jacobs, A. B. 1995. *Great Streets*. Boston: The MIT Press.
- Jacobsen, P. L. 2003. "Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling." *Injury Prevention* 9: 205–209.
- Jost, G., M. Papolizio, R. Allsop y V. Eksler. 2009. *2010 on the Horizon: 3rd Road Safety PIN Report*. Bruselas: Consejo Europeo para la Seguridad en el Transporte.
- Kazis, Noah. "From London to D.C., Bike-Sharing Is Safer Than Riding Your Own Bike." Streetsblog New York City. 16 de junio de 2011. Consultado en mayo del 2015.
- King, M., J. Carnegie y R. Ewing. 2003. "Pedestrian Safety Through a Raised Median and Redesigned Intersections." *Transportation Research Record* 1828: 56–66.
- Knoblauch, R. L., B. H. Tustin, S. A. Smith y M. T. Pietrucha. 1988. *Investigation of Exposure Based Pedestrian Accident Areas: Crosswalks, Sidewalks, Local Streets and Major Arterials*. Center for Applied Research, Inc., Falls Church, VA: Federal Highway Administration.
- Kraay, J.H. y Bakker, M.G. (1984). Experimenten in verblijfsruimten; Verslag van onderzoek naar de effecten van infrastructurele maatregelen op verkeersongevallen. R-84-50. SWOV, Leidschendam, 1984.
- Leather, J., H. Fabian, S. Gota y A. Mejia. 2011. "Walkability and Pedestrian Facilities in Asian Cities: State and Issues." Serie de documentos de trabajo sobre el desarrollo sostenible del Banco Asiático de Desarrollo. Manila: Banco Asiático de Desarrollo.
- Li, Yan-Hong, Yousif Rahim, Lu Wei, Song Gui-Xiang, Yu Yan, Zhou De Ding, Zhang Sheng-Nian, Zhou Shun-Fu, Chen Shao-Ming, and Yang Bing-Jie. "Pattern of traffic injuries in Shanghai: implications for control." *International journal of injury control and safety promotion* 13, no. 4 (2006): 217–225.
- Litman, Todd. 2014. "A New Transit Safety Narrative." *Journal of Public Transportation* 17 (4): 121–142.
- Los Angeles County Department of Public Health. 2011. *Model Design Manual for Living Streets*. Los Angeles County. Disponible en: <http://www.modelstreetdesignmanual.com/>. (Consultado en octubre del 2013).
- Marshall, W. E. y N. W. Garrick. 2011. "Evidence on Why Bike-Friendly Cities Are Safer for All Road Users." *Environmental Practice* 13 (1): 16–27.
- Masud Karim, Dewan. 2015. "Narrower Lanes, Safer Streets." Ponencia aceptada para la Conferencia y Asamblea General del Canadian Institute of Transportation Engineers, Regina, del 7 al 10 de junio del 2015.
- Minikel, E. 2012. "Cyclist safety on bicycle boulevards and parallel arterial routes in Berkeley, California." *Accident Analysis & Prevention* 45: 241–247.
- Monsere, C. y J. Dill. 2010. "Evaluation of Bike Boxes at Signalized Intersections. Final Draft." Portland: Oregon Transportation Research and Education Consortium.
- Mundell, James y D. Grigsby. "Neighborhood traffic calming: Seattle's traffic circle program." *Road Management & Engineering Journal* (1998).
- National Association of City Transportation Officials (NACTO). 2013. *Urban Street Design Guide*. Washington, DC: Island Press.
- National Transport Authority, Ireland (NTA). 2011. *National Cycle Manual (NCM)*. Dublin: National Transport Authority.
- New Climate Economy (NCE). 2014. *Better Growth, Better Climate: New Climate Economy Report*. Global Commission on the Economy and Climate.
- New York City Department of Transportation (NYC DOT). 2010a. "New York City Pedestrian Safety Study and Action Plan." Nueva York: Departamento de Transporte de la Ciudad de Nueva York.
- New York City Department of Transportation (NYC DOT). 2010b. *New York Street Design Manual*. Nueva York: Departamento de Transporte de la Ciudad de Nueva York.
- New York City Department of Transportation (NYC DOT). 2012. *Measuring the Street: New Metrics for 21st Century Streets*. Nueva York: Departamento de Transporte de la Ciudad de Nueva York.
- Nguyen, N. Q., M. H. P. Zuidgeest, van den FHM Bosch, R. V. Sliuzas y van MFAM Maarseveen. "Using accessibility indicators to investigate urban growth and motorcycles use in Ha Noi City, Vietnam." En *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 9. 2013.

- Nicol, D. A., D. W. Heuer, S. T. Chrysler, J. S. Baron, M. J. Blosscock, K. A. Cota, P. D. Degges, et al. 2012. "Infrastructure Countermeasures to Mitigate Motorcyclist Crashes in Europe." No. FHWA-PL-12-028. Washington, DC: Federal Highway Administration.
- Oxley, J., B. Corben, B. Fildes y M. O'Hare. 2004. "Older Vulnerable Road Users—Measures to Reduce Crash and Injury Risk." Melbourne: Monash University Accident Research Centre.
- Paez, Fernando y Gisela Mendez. 2014. "Mexico City's New Mobility Law Shifts Focus Towards People, Not Cars." Disponible en: <http://thecityfix.com/blog/mexico-city-mobility-lay-shifts-focus-people-cars-sprawl-traffic-safety-fernando-paez-gisela-mendez/>. (Consultado en diciembre del 2014).
- Pai, M., A. Mahendra, R. Gadgil, S. Vernikar, R. Heywood y R. Chanchani. 2014. "Motorized Two-Wheelers in Indian Cities: A Case Study of the City of Pune, India." Mumbai: EMBARQ India.
- Passmore, J., T.H.T. Nguyen, A.L. Mai, D.C. Nguyen y P.N. Nguyen. 2010. "Impact of mandatory motorcycle helmet wearing legislation on head injuries in Viet Nam: results of a preliminary analysis." *Traffic injury prevention* 11 (2): 202–206.
- Pecheux, K. y H. Saporta. 2009. "Light rail vehicle collisions with vehicles at signalized intersections. A synthesis of transit practice. TCRP synthesis 79." *Transportation Research Board*, Washington DC.
- Pedestrian and Bicycle Information Center. N.d. "Walking Info." Disponible en: <http://www.walkinginfo.org/problems/problems-destinations.cfm>. (Consultado en octubre del 2013).
- Pozueta Echavarrí, J. 2009. "La ciudad paseable: Recomendaciones para el diseño de modelos urbanos orientados a los modos no motorizados." Madrid: Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
- Radin Umar, R. S. 1996. "Accident Diagnostic System with Special Reference to Motorcycle Accidents in Malaysia." Tesis de doctorado, Universidad de Birmingham, Inglaterra.
- Radin Umar, R. S., G. M. Mackay y B. L. Hills. 1995. "Preliminary analysis of exclusive motorcycle lanes along the federal highway F02, Shah Alam, Malaysia." *Journal of IATSS Research* 19 (2): 93–98.
- Radin Umar, R. S., G. M. Mackay y B. L. Hills. "Preliminary analysis of exclusive motorcycle lanes along the federal highway F02, Shah Alam, Malaysia." *Journal of IATSS Research* 19, no. 2 (1995): 93–98.
- Restrepo Cadavid, P. 2010. "Energy for Megacities: Mexico City Case Study." Londres: Consejo Mundial de la Energía.
- Reynolds, C. C., M. A. Harris, K. Teschke, P. A. Crompton y M. Winters. 2009. "The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature." *Environmental Health* 8 (1): 47.
- Richmond, Sarah A., Linda Rothman, Ron Buliung, Naomi Schwartz, Kristian Larsen y Andrew Howard. 2014. "Exploring the impact of a dedicated streetcar right-of-way on pedestrian motor vehicle collisions: A quasi experimental design." *Accident Analysis & Prevention* 71: 222–227.
- Rodrigues, E. MS., A. Villaveces, A. Sanhueza y J. A. Escamilla-Cejudo. 2013. "Trends in fatal motorcycle injuries in the Americas, 1998–2010." *International journal of injury control and safety promotion* 21: 1–11.
- Rojas-Rueda, D., A. de Nazelle, M. Tainio y M. J. Nieuwenhuijsen. 2011. "The Health Risks and Benefits of Cycling in Urban Environments Compared with Car use: Health Impact Assessment Study." *BMJ (Clinical Research Ed.)* 343: d4521. doi:10.1136/bmj.d4521.
- Rosen, E. y U. Sander. 2009. "Pedestrian Fatality Risk as a Function of Car Impact Speed." *Accident Analysis and Prevention* 41: 536–542.
- Sarmiento, O., A. Torres, E. Jacoby, M. Pratt, T. L. Schmid y G. Stierling. 2010. "The Ciclovía-recreativa: a mass recreational program with public health potential." *Journal of Physical Activity and Health* 7 (2): S163–S180.
- Schepers, J. P., P. A. Kroeze, W. Sweers y J. C. Wüst. 2011. "Road factors and bicycle–motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections." *Accident Analysis & Prevention* 43 (3): 853–861.
- Schmitt, A. 2013. "The Rise of the North American Protected Bike Lane." *Momentum Mag* July 31: 59.
- Smart Growth America. 2010a. "National Complete Streets Coalition: FAQ." Disponible en: <http://www.smartgrowthamerica.org/complete-streets/complete-streets-fundamentals/complete-streets-faq>. (Consultado en octubre del 2013).
- Smart Growth America. 2010b. "National Complete Streets Coalition: Safety." Disponible en: <http://www.smartgrowthamerica.org/complete-streets/complete-streets-fundamentals/factsheets/safety>. (Consultado en octubre del 2013).
- Sohadi, R., R. Umar, M. Mackay y B. Hills. 2000. "Multivariate analysis of motorcycle accidents and the effects of exclusive motorcycle lanes in Malaysia." *Journal of Crash Prevention and Injury Control* 2 (1): 11–17.
- Sousanis, John. "World Vehicle Population Tops 1 Billion Units." WardsAuto. August 15, 2011. Disponible en: [http://wardsauto.com/ar/world\\_vehicle\\_population\\_110815](http://wardsauto.com/ar/world_vehicle_population_110815). (Consultado en mayo del 2014).
- Sul, Jaehoon. 2014. Korea's 95% Reduction in Child Traffic Fatalities: Policies and Achievements. Seoul: The Korean Transport Institute (KOTI).
- Summala, Heikki, Eero Pasanen, Mikko Räsänen, and Jukka Sievänen. 1996. "Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns." *Accident Analysis & Prevention* 28 (2): 147–153.

- Swift, P., D. Painter y M. Goldstein. 1997. "Residential Street Typology and Injury Accident Frequency." Denver: Congress for the New Urbanism.
- Tao, W., S. Mehndiratta y E. Deakin. 2010. "Compulsory Convenience? How Large Arterials and Land Use Affect Midblock Crossing in Fushun, China." *Journal of Transport and Land Use* 3 (3): 61–82.
- Teschke, K., M. A. Harris, C. Reynolds, M. Winters, S. Babul, M. Chipman, M. D. Cusimano et al. 2012. "Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: A case-crossover study." *American Journal of Public Health* 102 (12): 2336–2343.
- Thompson, S. R., C. M. Monsere, M. Figliozi, P. Koonce y G. Obery. 2013. "Bicycle-Specific Traffic Signals: Results from a State-of-the-Practice Review." 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington DC: Transportation Research Board.
- Tolley, R. 2003. "Providing For Pedestrians: Principles and Guidelines for Improving Pedestrian Access To Destinations and Urban Spaces." Victoria: Department of Infrastructure.
- U.K. Department of Transport. 1997. "Traffic Advisory Leaflet 12/97 Chicane Schemes." Disponible en: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090505152230/http://www.dft.gov.uk/adobepdf/165240/244921/244924/TAL\\_12-971](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090505152230/http://www.dft.gov.uk/adobepdf/165240/244921/244924/TAL_12-971). (Consultado en octubre del 2013).
- U.K. Department of Transport. 2007. *Manual for Streets*. Londres: Thomas Telford Publishing. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/manual-for-streets>. (Consultado en octubre del 2013).
- UNEP Transport Unit: Regina Orvañanos Murguía. 2013. *Share the Road: Design Guidelines for Non Motorised Transport in Africa*. Nairobi, Kenya: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- UNICEF. 2012. An Urban World. Unicef Urban Population Map. Disponible en: <http://www.unicef.org/sowc2012/urbanmap/?lan=sp#>. (Consultado en enero del 2015).
- Van Houten, R., R. A. Retting, C. M. Farmer y J. V. Houten. "Field evaluation of a leading pedestrian interval signal phase at three urban intersections." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1734, no. 1 (2000): 86–92.
- Vasconcellos, E. A. 2013. "Risco no Trânsito, Omissão e Calamidade: Impactos do Incentivo à Motocicleta no Brasil." Sao Paulo, Brasil: Instituto Movimento.
- Verma, P., J.S. Lopez & C. Pardo. 2015. "Bicycle Account: Bogotá 2014". Bogotá: Despacio.
- Victoria Transport Policy Institute (VTPI). 2012. "Roadway Connectivity: Creating More Connected Roadway and Pathway Networks." TDM Encyclopedia. Disponible en: <http://www.vtpi.org/tdm/tdm116.htm>. (Consultado en octubre del 2013).
- Voigt, K. H. y N. Steinman. 2003. "Design Changes for Livable Urban Streets." 2nd Urban Street Symposium. Anaheim: Transportation Research Board.
- Wang, S. L., Z. L. Liu, J. F. Guo y Yanyan Chen. 2009. "Research on Bicycle Safety at Intersection in Beijing." In Proceedings of the 2008 International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals, Chengdu, China, pp. 4739–4744.
- Wedagama, D.M. P., R. N. Bird y A. V. Metcalfe. 2006. "The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties." *Accident Analysis & Prevention* 38 (6): 1049–1057.
- Wegman, F. 1993. "Road Safety in Residential Areas: The Dutch Experience." Yokohama: PIARC Committee 13 Road Safety Meeting.
- Welle, Ben, and Wei Li. 2015. EMBARQ technical note: "Traffic fatality rates in cities across the globe". (unpublished)
- Welle, Ben y W. Li. 2015. Nota técnica de EMBARQ: "Traffic fatality rates in cities across the globe". (Inédito).
- World Bank. 2013. "Road Safety Management Capacity Reviews and Safe System Projects." Washington, DC: World Bank Global Road Safety Facility.
- World Health Organization (WHO). 2003. "Road traffic injuries Fact sheet N°358". Ginebra: OMS. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>. (Consultado en octubre del 2013).
- World Health Organization (WHO). 2009. "Global status report on road safety". Departamento de Prevención de la Violencia y los Traumatismos. Ginebra: OMS.
- World Health Organization (WHO). 2010. "Data Systems: a road safety manual for decision-makers and practitioners." Geneva: WHO.
- World Health Organization (WHO). 2013. "Pedestrian Safety: A road safety manual for decision-makers and practitioners." Geneva: WHO.
- Yan, X., M. Ma, H. Huang, M. Abdel-Aty y C. Wu. 2011. "Motor vehicle–bicycle crashes in Beijing: Irregular maneuvers, crash patterns, and injury severity." *Accident Analysis & Prevention* 43 (5): 1751–1758.
- Yi, M., K. Feeney, D. Adams, C. Garcia, and P. Chandra. 2011. "Valuing cycling—evaluating the economic benefits of providing dedicated cycle ways at a strategic network level." En *Australasian Transport Research Forum 2011 Proceedings*, pp. 28–30.
- York, I., S. Ball y J. Hopkin. 2011. "Motorcycles in bus lanes. Monitoring of the second TfL trial". Informe CPR 1224. Crowthorne, UK: Transport Research Laboratory.
- Zegeer, Charles V. y Max Bushell. "Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world." *Accident Analysis & Prevention* 44, no. 1 (2012): 3–11.

## AUTORES

El presente informe fue elaborado y redactado por Ben Welle, Qingnan Liu, Wei Li, Robin King, Claudia Adriaola-Steil, Claudio Sarmiento y Marta Obelheiro.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores están muy agradecidos con las siguientes personas por su valiosa orientación y análisis: Lotte Bech, Himadri Das, Nicolae Duduta, Skye Duncan, Eric Dumbaugh, Rejeet Matthews, Matthew Roe, Henrique Torres, Ellen Townsend, Carsten Wass y George Yannis. Los autores también desean expresar su agradecimiento con los siguientes expertos y colegas por el asesoramiento y apoyo que brindaron durante la elaboración de este informe y la realización de actividades relacionadas con el diseño urbano, la seguridad vial y el transporte: Asis Abedi, Saúl Alveano, Holger Dalkmann, Carrie Dellesky, Salvador Herrera Montes, Darío Hidalgo, Erika Kulpa, Clayton Lane, Luis Antonio Lindau, José Segundo López Valderrama, Natalia Lleras, Marco Priego, Juan Miguel Velásquez y Stephen Vikell. En particular es necesario agradecer a Nicolae Duduta por ofrecer su pericia y asesoramiento a lo largo de todo el proceso y por contribuir con muchas de las ilustraciones que se presentan en el informe. Asis Abedi, Vineet John, Raífaela Machado y Qianqian Zhang también colaboraron con ilustraciones y apoyaron el diseño. La traducción de esta guía al español fue un aporte de la Organización Panamericana de la Salud y Despacio.org (Natalia Lleras y Philip Verma).

La orientación que se brinda en este informe está basada en recursos que abarcan diversos ámbitos, desde el internacional hasta el nivel de la ciudad, e incluyen guías y normas sobre el diseño vial, directrices de seguridad vial para el tránsito calmado, manuales para ciclistas, infraestructura que favorece a los peatones, entre otros. Entre estos recursos se encuentran:

- Center for Science and Environment (CSE). 2009. *Footfalls: Obstacle Course to Livable Cities*. New Delhi: Center for Science and Environment.
- CROW. 2007. *Design Manual for Bicycle Traffic*. Países Bajos: National Information and Technology Platform for Transport, Infrastructure and Public Space.
- Mark L. Hinshaw. 2007. *True Urbanism : Living in and Near the Center*. Chicago: American Planning Association.
- W.B. Hook. 2002. *Preserving and expanding the role of non-motorised transport*. Berlín: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- ITDP México e I-CE. 2011. *Manual Ciclociudades*. México: ITDP México.
- International Transport Forum (ITF). 2012. *Pedestrian Safety, Urban Space and Health*. París: OECD Publishing.
- ITF Working Group on Cycling Safety. 2012. *Cycling Safety: Key Messages*. París: OCDE.
- ITE Committee. 1998. *Design and Safety of Pedestrian Facilities*. Washington DC: Institute of Transportation Engineers.
- NACTO. 2013. *Urban Street Design Guide*. Washington, DC: Island Press.
- National Transport Authority, Ireland. 2011. *National Cycle Manual*. Dublín: National Transport Authority.
- New York City Department of Transportation (NYC DOT). 2010. *New York Street Design Manual*. Nueva York: Departamento de Transporte de la Ciudad de Nueva York.
- New Zealand Transport Agency. 2009. *Pedestrian Planning and Design Guide*. Wellington, Nueva Zelanda: NZ Transport Agency.
- UNEP Transport Unit: Regina Orvañanos Murguía. 2013. *Share the Road: Design Guidelines for Non-Motorised Transport in Africa*. Nairobi, Kenya: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- World Bank. 2013. *Urban Design Manual for Non-Motorized Transport-Friendly Neighborhoods*. Washington, DC: Banco Mundial.
- World Health Organization. 2013. *Pedestrian Safety: A Road Safety Manual for Decision-Makers and Practitioners*. Washington, DC: Organización Mundial de la Salud.

## ACERCA DE WRI

Los recursos naturales son la base de las oportunidades económicas y del bienestar humano, pero hoy en día estamos agotando los recursos de la Tierra de manera no sostenible, lo cual pone en peligro la economía y la vida de las personas. Las personas dependen de agua limpia, tierra fértil, bosques sanos y un clima estable. Las ciudades habitables y la energía limpia son esenciales para un planeta sostenible. Durante esta década debemos hacer frente a estos desafíos globales urgentes.

### Nuestro Desafío

Tenemos la visión de un planeta equitativo y próspero impulsado por la sabia gestión de los recursos naturales y aspiramos a crear un mundo en el que las acciones de los gobiernos, empresas y comunidades se combinen para eliminar la pobreza y mantener un medio ambiente natural para todas las personas.

### Nuestra Visión

Tenemos la visión de un planeta equitativo y próspero impulsado por la sabia gestión de los recursos naturales y aspiramos a crear un mundo en el que las acciones de los gobiernos, empresas y comunidades se combinen para eliminar la pobreza y mantener un medio ambiente natural para todas las personas.

### Nuestro enfoque

#### CONTARLO

Comenzamos con datos, llevamos a cabo investigaciones independientes y nos basamos en las últimas tecnologías para desarrollar nuevas ideas y recomendaciones. Con un riguroso análisis se identifican riesgos, se presentan oportunidades y se informan estrategias inteligentes. Nuestro trabajo se centra en economías influyentes y emergentes, donde se determinará el futuro de la sostenibilidad.

#### CAMBIARLO

Utilizamos nuestras investigaciones para influir en políticas gubernamentales, estrategias empresariales y acciones de la sociedad civil. Ponemos a prueba proyectos con comunidades, empresas y agencias gubernamentales para construir sólida base empírica, para luego trabajar con socios en la producción de un cambio sobre el terreno que alivia la pobreza y fortalece a la sociedad. Asumimos nuestra responsabilidad para asegurar que nuestros resultados sean vanguardistas y perdurables.

#### ESCALARLO

No pensamos a pequeña escala. Una vez comprobado, trabajamos con socios para adoptar y ampliar nuestros esfuerzos a nivel regional y mundial. Nos comprometemos con los tomadores de decisiones para llevar a cabo nuestras ideas y elevar el impacto que tenemos, y medimos el éxito a través de acciones del gobierno y negocios que mejoren la vida de las personas y mantengan un medio ambiente sano.

## SOBRE WRI ROSS CENTRO PARA CIUDADES SOSTENIBLES

El WRI Ross Centro para Ciudades Sostenibles trabaja para hacer de la sostenibilidad urbana una realidad. La investigación global y la experiencia práctica sobre el terreno en Brasil, China, India, México, Turquía y Estados Unidos se combina para estimular acciones que mejoren la vida de millones de personas.

Basado en la gran experiencia mundial y local en cuanto planificación urbana y de movilidad, el WRI Ciudades Sostenibles utiliza soluciones comprobadas y herramientas orientadas a la acción para aumentar la construcción y eficiencia energética, gestionar el riesgo del agua, fomentar una gobernanza eficaz y hacer que el rápido crecimiento urbano sea resistente a nuevos desafíos.

Con el objetivo de influenciar en 200 ciudades con herramientas e investigaciones únicas, el WRI Ciudades Sostenibles se centra en un enfoque profundo e intersectorial en cuatro megaciudades de dos continentes, y da asistencia específica a más de 30 zonas urbanas, trayendo así, beneficios económicos, ambientales y sociales a ciudadanos alrededor del mundo.

Web: [WRIRossCities.org](http://WRIRossCities.org)

Blog: [TheCityFix.com](http://TheCityFix.com)

Twitter: [Twitter.com/WRIcities](https://twitter.com/WRIcities)

## CRÉDITOS DE LAS FOTOGRAFÍAS

Cover, pg. 10, 36, 44, 61 (bottom), 64, 70 (middle), 74, 76, 83, 84 EMBARQ Brasil; pg. ii–iii Christopher Fynn; pg. 2 VvoeVale; pg. 5 (top: right, bottom: left), 28, 61 (top), 82, 85 EMBARQ Sustainable Urban Mobility by WRI; pg. 5 (top: left), 9 Benoit Colin/WRI; pg. 5 (top: middle), 26, 27, 31, 33, 34, 37, 40, 46, 47, 48, 51, 56, 57, 61 (middle), 69 (bottom), 72, 86 Ben Welle; pg. 5 (bottom: middle); pg. 5 (bottom: right) Meena Kadri; pg. 20 Jess Kraft/Shutterstock; pg. 23 Julie Lindsay; pg. 24 bharat.rao; pg. 35 Dylan Passmore; pg. 38 Google, INEGI; pg. 39 Martti Tulenheimo; pg. 43 Miguel Rios; pg. 49 NACTO; pg. 52 Aaron Minnick; pg. 55 cidadeemmovimento.org; pg. 58 Steve Hoge; pg. 59 Safe Kids Korea; pg. 60 Ajay Gautam; pg. 62 New York City; pg. 63 Wrote; pg. 67 City of Curitiba; pg. 69 (top) Jason Margolis, PRI's *The World*; pg. 75 EMBARQ Turkey; pg. 70 (bottom) Enrique Penalosa; pg. 71 JT; pg. 77 Cheng Liu; pg. 87 Alex Proimos; pg. 88 Francisco Anzola.

# FPO

## Paper info

Cada informe del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) representa un tratamiento académico oportuno de un tema de preocupación pública. WRI asume la responsabilidad por elegir los temas de estudio y garantizar la libertad de investigación de sus autores e investigadores. Ésto también aplica y responde a las orientaciones de paneles asesores y revisores expertos. A menos que se indique otra cosa, sin embargo, todas las interpretaciones y conclusiones establecidas en las publicaciones de WRI son las de los autores.



Derechos de reproducción 2016 World Resources Institute. Este trabajo tiene la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de la licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



WORLD  
RESOURCES  
INSTITUTE

10 G STREET NE  
SUITE 800  
WASHINGTON, DC 20002, USA  
+1 (202) 729-7600  
[WWW.WRI.ORG](http://WWW.WRI.ORG)

ISBN 978-1-56973-891-7