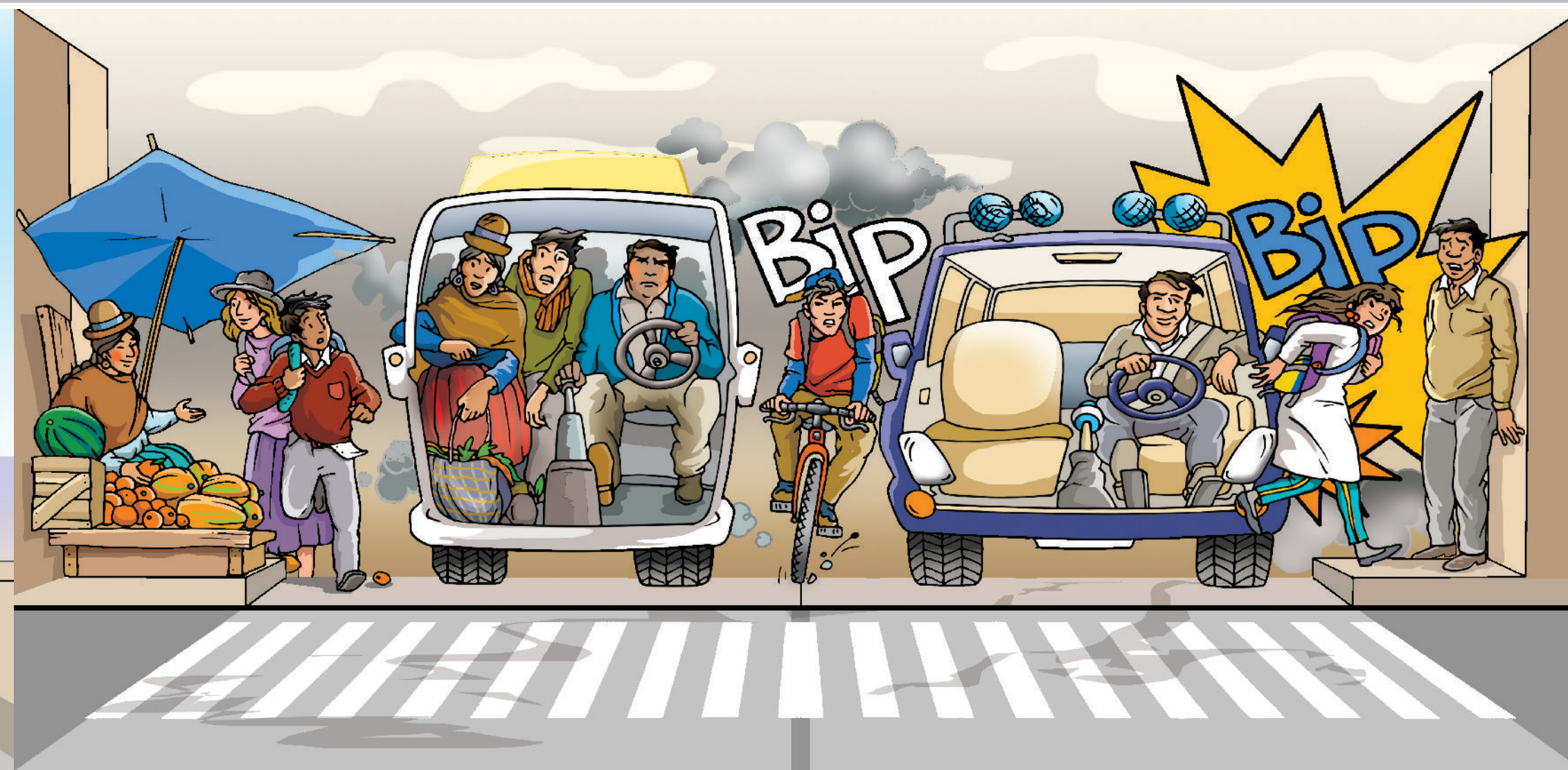
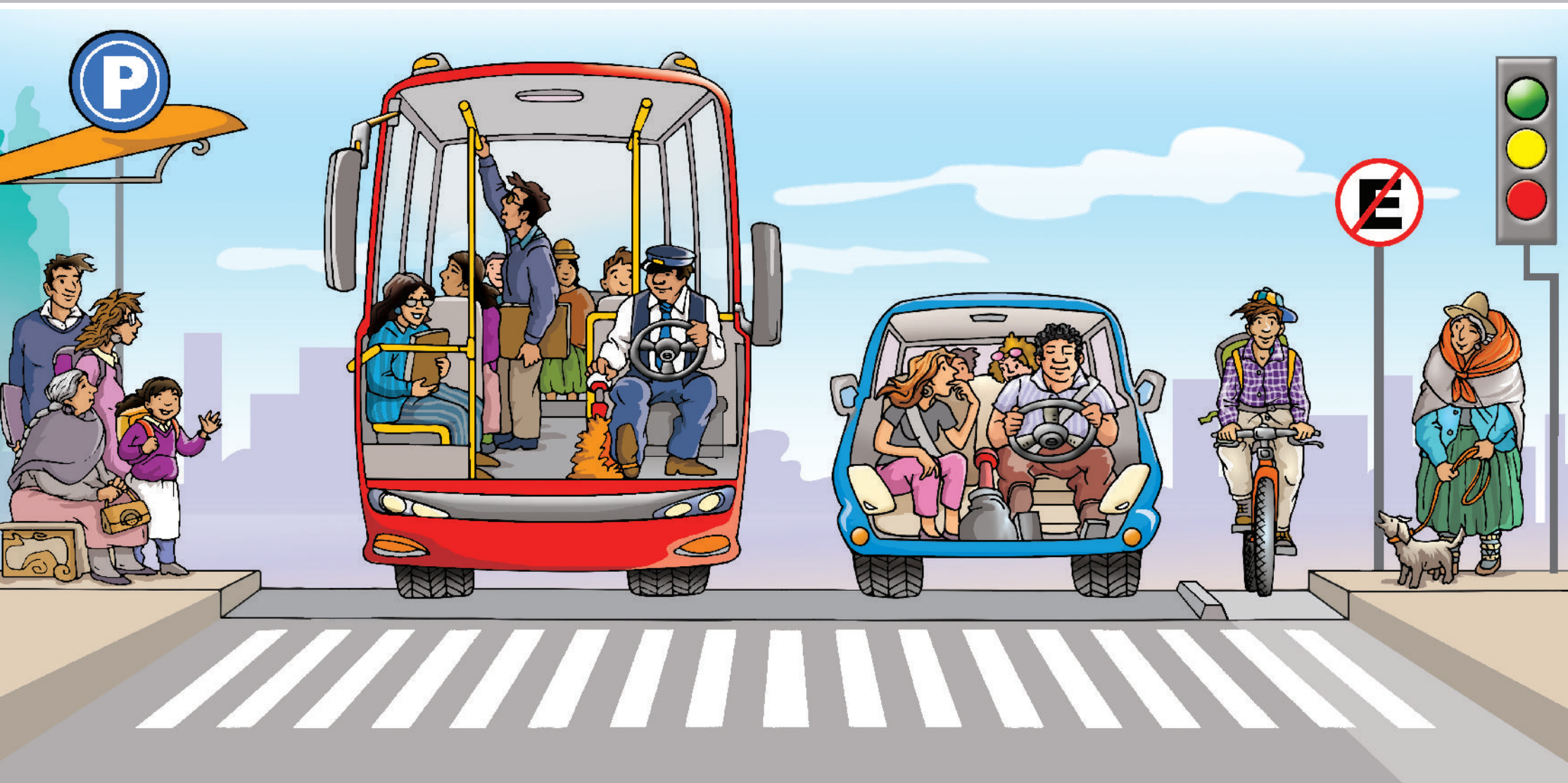


Manual de DISEÑO de calles para las ciudades BOLIVIANAS



Manual de DISEÑO de calles para las **ciudades** BOLIVIANAS

Créditos:

Autora: Ing. Alexa Wiskott
Experto SEC: Ing. Peter Hotz

Proyecto Aire Limpio:

Freddy Koch. Director Nacional
Enrique Villanueva. Asesor de Movilidad
José Luis Mancilla. Asesor Comunicación

Corrección de estilo y diseño gráfico. Carmiña Salazar / **Comunicación Conceptual**

Depósito legal...
Septiembre de 2015

Cooperación Suiza en Bolivia

Calle 13 No. 455, esq. 14 de Septiembre Obrajes
Telf.: +591(2)2751001
Fax: +591(2)2140884
E mail: lapaz@sdsc.net
www.cosude.org.bo
Casilla 4679
La Paz Bolivia

Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico - Swisscontact

Calle Jacinto Benavente
No. 2176 (Entre Aspiazu y Guachalla),
Sopocachi.
Telf.: +591 (2) 2112141
Fax: +591 (2) 2434698
Casilla 5033
La Paz, Bolivia

Nota: Se autoriza fotocopiar partes del documento con fines educativos y de investigación o de consulta,
no así comerciales.

ÍNDICE

PROLOGO

1. Objetivos y alcance

2. Aspectos generales

- 2.1. Situación en Bolivia
 - 2.1.1. Las vías urbanas
 - 2.1.2. Las intersecciones
 - 2.1.3. Tráfico y congestión
 - 2.1.4. El transporte público
- 2.2. Principios fundamentales de movilidad urbana sostenible
 - 2.2.1. Objetivos de la planificación vial
- 2.3. Declaración de La Paz por la Movilidad Urbana Sostenible
- 2.4. Principios fundamentales de ingeniería de tránsito
 - 2.4.1. Elementos de las calles
- 2.5. Metodología en los proyectos de diseño
 - 2.5.1. Distribución del espacio vial
 - 2.5.2. Metodología de elaboración de un proyecto de diseño del espacio público
- 2.6. Exigencias de los usuarios no-motorizados
 - 2.6.1. Dimensiones para la movilidad de los peatones
 - 2.6.2. Dimensiones para la movilidad de personas en silla de ruedas
 - 2.6.3. Dimensiones para la movilidad de los ciclistas
 - 2.6.4. Dimensiones para el cruce de autos y bicicletas
- 2.7. Exigencias de los modos motorizados
 - 2.7.1. Dimensiones de los vehículos (parados)
- 2.8. Jerarquía vial y multimodalidad a la escala de la ciudad
 - 2.8.1. Ejemplo de jerarquía vial aplicada a un barrio

3. Vías

- 3.1. Principios del diseño de vías
 - 3.1.1. Relaciones entre función, forma y uso de una vía
 - 3.1.2. ¿Separar o mezclar a los diferentes usuarios?
 - 3.1.3. ¿Como mejorar la seguridad en las vías?

5	3.2. Principales dimensiones del perfil transversal de calle	29
7	3.2.1. Dimensionamiento de las aceras	29
9	3.2.2. Dimensionamiento de las ciclovías	29
9	3.2.3. Dimensionamiento de ancho de vías - 2x1	30
9	3.2.4. Dimensionamiento de ancho de vías a sentido único - 1x1	30
10	3.2.5. Dimensionamiento de ancho de vías con varios carriles	30
10	3.2.6. Dimensionamiento de plazas de estacionamiento longitudinal	30
11	3.3. Red vial de tercer orden: Vías vecinales	31
12	3.3.1. Objetivos de las vías vecinales	31
13	3.3.2. Principales características técnicas	31
15	3.4. Red vial de segundo orden - Vías colectoras	33
15	3.4.1. Objetivos de las vías colectoras	33
17	3.4.2. Principales características técnicas	33
17	3.5. Red vial de primer orden - Vías principales	35
18	3.5.1. Objetivos de las vías principales	35
18	3.5.2. Principales características técnicas	35
19	3.6. Ejes de transporte público	37
19	3.6.1. Objetivos de los ejes de transporte público	37
19	3.6.2. Principales características técnicas	37
20	4. Intersecciones	39
20	4.1. Principios de diseño de intersecciones	39
21	4.1.1. Giros con y sin conflictos	39
21	4.1.2. Comparación entre las diferentes intersecciones	40
21	4.1.3. Características de las intersecciones	41
23	4.1.4. Medidas para mejorar la seguridad en las intersecciones	44
24	4.2. Intersecciones con prioridad	45
25	4.2.1. Principios de diseño	45
25	4.2.2. Principio y concepción de las “orejas”	46
26	4.3. Intersecciones con semáforos	47
27	4.3.1. Calibración de los semáforos (ejemplo teórico)	47
27	4.3.2. Principios de diseño	47
28	4.3.3. Ubicación de los semáforos	48

4.3.4. Dimensiones de una intersección con semáforo	48	5.3. Infraestructura para el transporte público	59
4.4. Rotondas	49	5.3.1. Regulación de las intersecciones	59
4.4.1. Principios de diseño de rotondas	49	5.3.2. Carriles exclusivos	60
4.4.2. Franjas superables	50	5.3.3. Pasos peatonales seguros	61
5. Elementos multimodales	51	5.3.4. Tipos de paradas de buses	62
5.1. Infraestructura para peatones	51	5.4. Infraestructura para estacionamientos en el espacio público	63
5.1.1. El paso peatonal	51	5.4.1. Estacionamiento para autos	64
5.1.2. Pasarelas peatonales	53	6. Moderación de la velocidad	65
5.1.3. Dimensiones de las rampas de acceso a las aceras	54	6.1. Justificación	65
5.1.4. Salidas de garaje	54	6.1.1. Efecto de la velocidad en la gravedad de los accidentes	66
5.2. Infraestructura para ciclistas	55	6.1.2. Efecto de la velocidad en la probabilidad de accidentes	66
5.2.1. Estacionamiento para bicicletas	55	6.2. Medidas de moderación de la velocidad	67
5.2.2. Elección entre diferentes tipos de infraestructura para ciclistas	56	6.3. Reductores de velocidad	69
5.2.3. Intersecciones para ciclistas	58	6.3.1. Cortar los itinerarios	69
5.2.4. Los ciclistas en las rotondas	58	6.4. Planos de velocidad	73
5.2.5. Franja segregada para ciclistas en intersección	58	7. Anexos	75
		8. Bibliografía	91

PRESENTACIÓN

La Cooperación Suiza en Bolivia a través de su proyecto Aire Limpio, ejecutado por la Fundación Swisscontact, tiene la misión de contribuir a la buena salud de la población frente a la contaminación atmosférica provocada por los vehículos automotores. En este marco, brinda asistencia técnica a 12 municipios principales de Bolivia, que agrupan el 51% de la población y el 88% del parque vehicular nacional.

Una de las principales líneas de acción del proyecto es la mejora de la movilidad urbana, como una acción concreta que mejora el bienestar de la población, brindándole mayor seguridad a la vez que reduce la contaminación ambiental. La movilidad urbana incluye dos importantes aspectos en términos de gestión de las ciudades: el desarrollo del transporte sostenible y la administración del espacio público.

En los últimos años, distintas instancias del gobierno han realizado importantes avances en la implantación del transporte sostenible, es el caso del transporte por cable Mi Teleférico, promovido por el Gobierno Nacional, los sistemas de transporte PumaKatari del Municipio de La Paz y Sariri de El Alto. Asimismo, los municipios de La Paz, Sucre, Tarija, Oruro, Potosí y Trinidad cuentan con su Plan de Movilidad Urbana Sostenible y Programas Municipales de Transporte – PROMUT, cuyas medidas se comienzan a ejecutar de manera muy efectiva. También se espera que otras ciudades como Cochabamba y Santa Cruz realicen, en un futuro próximo, importantes avances en esta temática.

En relación a la administración del espacio público, actualmente existe un debate entre el enfoque que prioriza el tránsito de vehículos y el que otorga mayor importancia a los ciudadanos. Este debate, entre el enfoque tradicional y el de la movilidad urbana sostenible, se concretiza sobre todo en el espacio asignado a las vías de los diferentes modos de transporte. Aunque no lo parezca, la definición del área destinada a las aceras y al espacio de calzada es uno de los aspectos centrales para mejorar la calidad de vida de la población. Las decisiones sobre el uso del espacio público pueden lograr que las ciudades se transformen en ciudades más amigables y humanas.

Las ciudades buscan proyectar modernidad, otorgando mejores condiciones de vida a sus habitantes. Proyectar modernidad significa recuperar la ciudad para los peatones: que los niños puedan jugar en los parques con seguridad, que los escolares puedan ingresar a sus colegios tranquilamente, que los adultos mayores puedan caminar por las calles sin preocuparse por acelerar el paso, que las madres y padres puedan transitar con carritos de bebé y niños pequeños sin sobresaltos. En definitiva, vivir la modernidad urbana significa que todos los habitantes disfruten de un paseo por las calles con tranquilidad, seguridad y comodidad.

La elaboración de este documento de alta calidad técnica, no habría sido posible sin el compromiso decidido de los ingenieros Alexa Wis-

kott y Peter Hotz quienes, además de su reconocido profesionalismo y dominio del tema, conocen a profundidad la temática de la movilidad urbana en Bolivia debido a sus amplia experiencia brindando asesoría técnica en la mayor parte de las ciudades. Asimismo, la colaboración de los funcionarios del Gobierno Autónomo Municipal de Sucre y especialistas locales quienes emitieron sugerencias, recomendaciones y ajustes que permitieron mejorar la presentación del documento.

El Manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas tiene 6 partes. Las primeras dos presentan definiciones y principios fundamentales del paradigma de la movilidad sostenible. La tercera incluye aspectos relacionados al diseño de vías, definición de los perfiles transversales y caracterización de la tipología de vías urbanas. La cuarta parte trata aspectos relevantes del diseño de las intersecciones, prioridad por tipo

de vía y usuario, además de la seguridad en el cruce de peatones. La quinta muestra elementos sobre diversos modos de transporte como ciclo vías, aceras, vías exclusivas para el transporte público y elementos para el estacionamiento. La sexta parte concluye con la moderación de la velocidad como elemento central de la circulación en las vías urbanas, zonas 30, uso y calibración de semáforos, implicaciones de seguridad y gravedad de los hechos de tránsito.

Espero que este documento sea de amplia utilidad para las autoridades y técnicos municipales, para que en base a los principios y propuestas de reingeniería vial se pueda mejorar el espacio público urbano. También aspiro a que este documento se convierta en un manual académico para preparar nuevos profesionales bolivianos, quienes tendrán la responsabilidad de seguir mejorando las condiciones de vida en las ciudades.

Peter Bischof
Embajador de Suiza en Bolivia

La Paz, septiembre de 2015

1. Objetivos y alcance



Foto:

La movilidad urbana impacta cada día más en la vida de los ciudadanos bolivianos, pues se necesita mayor tiempo para ir al trabajo, la contaminación del aire aumenta, las calles se vuelven más peligrosas, etc. En efecto, los vehículos motorizados, ocupan cada vez más espacio público, perjudicando a peatones, ciclistas y personas con movilidad reducida.

Durante décadas, debido al concepto tradicional de vialidad, las políticas públicas beneficiaron, sobre todo, a la movilidad vehicular. Sin embargo, esta tendencia ahora empieza a evolucionar y el enfoque cambia de «transportar vehículos» hacia «mejorar la movilidad de las personas», con los siguientes preceptos:

- Promover los modos de desplazamiento sostenibles, como el transporte público masivo, la bicicleta y los desplazamientos a pie.

- Disminuir los accidentes viales, con calles más seguras, vehículos en buen estado y mayor educación vial.
- Proponer otra distribución del espacio vial, mejorando la accesibilidad de los peatones y ciclistas y aumentando la calidad del espacio urbano.

En este marco, esta guía tiene como objetivo proponer diseños de vías e intersecciones para ingenieros y arquitectos especialistas en espacios públicos. Estos diseños son aplicables a las áreas urbanas de todas las ciudades de Bolivia. Se consideran todo tipo de vías, a excepción de las autopistas y de las intersecciones que necesitan pasos a desnivel (túnel o puente). Las medidas propuestas son aplicables a toda obra regular de remodelación, corrección, ampliación o nueva construcción, considerando siempre las condiciones y características del lugar. Toda modificación a estas propuestas debería estar previamente justificada.

Para redactar este documento se utilizaron los conocimientos internacionales más recientes en materia de urbanismo, planificación vial y medio ambiente.

La problemática del transporte de mercancías y de la gestión del tráfico de motocicletas no está contenida en este manual y podría ser objeto de un documento complementario.

Objetivos:

Este manual propone nuevos diseños de calles e intersecciones para mejorar la calidad del espacio público, favorecer los modos de transporte sostenibles y reducir el número de accidentes

También ofrece herramientas sencillas de implementar en las ciudades bolivianas para mejorar los desplazamientos de peatones, ciclistas y transporte público



Foto: Promut, Sucre.

Numerosas medidas técnicas, políticas y sociales permiten mejorar la movilidad urbana sostenible: implementar un nuevo sistema de transporte público, una red de semáforos inteligentes, mejorar la educación vial, optimizar el desarrollo territorial, etc. *Esta guía pretende únicamente ofrecer soluciones técnicas para mejorar el diseño de las calles y de las intersecciones.*

Algunas definiciones

Modos de transporte: distintas formas de desplazarse. Los modos de transporte pueden ser “no-motorizados” (a pie, bicicleta, caballo, patineta, etc.) o “motorizados” (bus, taxi, vehículo privado, teleférico, etc.).

Movilidad urbana sostenible: optimización del uso de los diferentes modos de transporte y mejoramiento del espacio público urbano, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Producto de la Implementación de una política.

Multimodalidad: combinación de los distintos modos de transporte en un viaje o en un espacio definido.

Usuario: persona que usa las diferentes redes de desplazamiento (red de transporte público, red vial, red de aceras, etc.). Puesto que los desplazamientos son un derecho, los usuarios no pueden ser considerados clientes.

Legibilidad del espacio: facultad de poder leer y entender, fácilmente o no, la señalética; por ejemplo, comprender el símbolo de una intersección, para entonces poder desenvolverse de la manera más adecuada.

Los diseños propuestos en esta guía son de fácil ejecución y necesitan algo más de creatividad, pintura y hormigón que tecnología de punta. Sin embargo, el camino hacia la remodelación completa de las ciudades bolivianas es largo, por lo que se trata de avanzar hacia ciudades más amigables, poco a poco.

2. Aspectos generales

2.1. Situación en Bolivia

2.1.1. Las vías urbanas

En Bolivia, las calles de las áreas urbanas tienen las siguientes características:

- Las aceras son estrechas, están en mal estado y, en muchos casos, sólo existen los cordones.
- Las calzadas son amplias, sobre todo, fuera de los centros históricos
- Existe problemas en la señalización vertical y horizontal.
- No existe infraestructura destinada a los ciclistas como las ciclovías o al transporte público como carriles exclusivos, paradas para buses, etc.
- No existen lugares claramente establecidos para el estacionamiento.

Las vías carecen de identidad pues no están diseñadas en función de las condiciones locales y necesidades específicas. Por ejemplo, la acera no es más amplia aunque esté cerca de una escuela, para así garantizar la seguridad de los alumnos; no existen áreas de estacionamiento, aunque se trate de un lugar comercial.

La principal consecuencia de esta falta de organización del espacio público es la mezcla de diferentes usuarios en las calzadas, pues los vehículos estacionados o en circulación, se mezclan con los peatones, bicicletas y generan caos.

En general, la proporción de estos espacios siempre afecta a los peatones. Por ejemplo, en la calle Aniceto Arce de la ciudad de Sucre, los vehículos motorizados públicos y privados ocupan el 66% del espacio vial disponible, aunque transportan solamente al 30% de la gente, porque el 70% de los usuarios son peatones.

2.1.2. Las intersecciones

El principal defecto de las intersecciones en las ciudades bolivianas es su extensión, la cual es mucho mayor de lo necesario, pues los cruces urbanos representan un mar de asfalto. Las principales consecuencias negativas de esta situación son:

- Existe mayor riesgo de accidentes, en particular, para los peatones y ciclistas.
- Se genera un gran desorden; por ejemplo, porque algunos vehículos permanecen en la intersección.
- Al igual que en las vías, en las intersecciones, la infraestructura para peatones está ausente. No existen refugios peatonales y, sobre todo, los semáforos no ofrecen a los peatones un paso libre de conflicto con los vehículos.

En las calles bolivianas, los perfiles de vía son generalmente homogéneos (calzada y acera) sin espacios determinados para el estacionamiento, paradas de transporte público, ciclovías y otras infraestructuras particulares.



foto : Tarija



foto : Sucre



foto : La Paz

Tres calles bolivianas, cuyos perfiles de vía son similares, independientemente de las necesidades locales.

2.1.3. Tráfico y congestión

La mayoría de las áreas urbanas de Bolivia, independientemente de su tamaño, gira en torno a sus centros históricos patrimoniales. En estos centros y sus alrededores la red vial es estrecha y está más adaptada para el paso de peatones y caballos que para vehículos motorizados. No obstante, estos centros concentran gran parte de las actividades (oficinas públicas y privadas, restaurantes, escuelas, etc.) y generan una importante demanda de servicio de transporte. La congestión en los centros urbanos y en las zonas que tienen mercados es causada por la concentración de líneas de transporte público, la cantidad de vehículos privados y de peatones, así como de los numerosos vehículos estacionados. Y con el incremento de las tasas de motorización, la situación se vuelve peor cada año.

2.1.4. El transporte público

El modo de transporte motorizado más utilizado por los bolivianos es el transporte público. Sin embargo, la mayoría de los usuarios de micros, minibuses, taxis y otros son usuarios cautivos, pues no tienen otra opción para desplazarse. Las críticas hacia el transporte público son numerosas por su incomodidad, lentitud, etc. Estas deficiencias tienen como origen, entre otras causas, el hecho de que el transporte público carece infraestructura específica, lo que le impide brindar un mejor servicio, como ser: carriles exclusivos, paradas bien habilitadas, semáforos con prioridad de circulación, etc.

Algunas cifras

- En el área urbana, la tasa de motorización es de 145 vehículos (4 ruedas) por 1000 habitantes.
- En las ciudades bolivianas entre 20 y 30% de los desplazamientos se realizan a pie.
- Cerca de 1300 personas mueren cada año en las calles y carreteras de Bolivia (INE - 2010/2011).
- En la ciudad de La Paz, entre 50 y el 60% de las víctimas de accidentes viales son peatones (Tránsito, 2007/2008).

Las consecuencias de algunas de estas falencias en el diseño de calles e intersecciones son:

- *Peatones y conductores que adquieren malas costumbres. Por ejemplo, si no hay acera, los peatones caminan sobre la calzada.*
- *Numerosos accidentes de tránsito podrían ser evitados con calles que obliguen a los conductores a reducir su velocidad con mejoras en el diseño de las vías*
- *Como los viajes a pie y en transporte público son incómodos e inseguros, el auto particular representa una opción muy atractiva*
- *La calidad de vida en la ciudad está depreciada por la congestión, la contaminación ambiental y auditiva y la falta de espacios públicos adecuados*
- *Las principales víctimas de las deficiencias de las redes de transporte son las personas de la tercera edad, los jóvenes y con menos recursos*



La instalación de un pantalla gigante de la copa mundial Brasil 2014 en la Plaza del Estudiante en La Paz ocasionó conflictos entre distintos usuarios del espacio público

2.2. Principios fundamentales de movilidad urbana sostenible

Continuar con el modelo tradicional de vialidad implica tener una ciudad congestionada, contaminada e insegura. En síntesis, una ciudad con baja calidad de vida.



Utilizar transporte público en vez del privado reduce la contaminación ambiental y permite optimizar el uso del espacio público.

El objetivo fundamental de la movilidad urbana sostenible es asegurar que cada ciudadano, independientemente de sus recursos o de sus condiciones físicas, pueda desplazarse dentro de la ciudad en las mejores condiciones posibles. Para lograr este objetivo, tradicionalmente se utilizaban los conceptos de vialidad, tráfico y a veces de transporte, cuyo enfoque está centrado en el vehículo y no en las personas, pues apunta al tránsito del máximo de vehículos en un mínimo de tiempo.

Algunos de los principales problemas de este enfoque son:

- El espacio público, la inversión financiera y hasta la calibración de los semáforos, tienen una asignación preferente hacia los vehículos, minimizando las necesidades básicas de otros modos de transporte como los peatones, ciclistas y el transporte público.
- El incremento en los accidentes viales, la congestión y la contaminación atmosférica por el aumento de la motorización.
- El desarrollo de un sistema poco equitativo donde se favorecen las personas de mayores recursos; es decir, las que tienen un auto particular, cuando los demás tienen que soportar un transporte público poco satisfactorio y aceras en muy mal estado.
- La pérdida de la calidad visual del espacio público por la saturación de vehículos motorizados.

Hace algunos años, numerosas ciudades del mundo optaron por cambiar el enfoque tradicional de vialidad, por el de “movilidad urbana sostenible”.

La movilidad urbana sostenible coloca al ciudadano como eje del sistema de desplazamientos, pues su objetivo ya no se centra en el desplazamiento de los vehículos sino en el de las personas. Esta visión se acompaña además de un concepto de desarrollo sostenible donde se pretende favorecer formas de desplazamiento más respetuosas con el medio ambiente, con automóviles que emitan menor contaminación, ruido y ocupen menor espacio en vía.

La recuperación del espacio público es central en esta visión. El espacio debe ser redistribuido para los peatones, ciclistas y el transporte público. Ganando espacio sobre la calzada y con acciones como plantar árboles, colocar bancos, revestir las aceras, etc, se puede transformar el aspecto visual de una ciudad.

La planificación y el diseño de las vías urbanas deben cumplir de manera equitativa las exigencias de todos los usuarios. Para ello, es necesario reducir tanto el volumen como la velocidad del tráfico motorizado; en particular, en los centros y en los barrios, priorizando a los peatones, ciclistas y también al transporte público. Estas medidas permitirán paliar situaciones conflictivas como la falta de espacio, de seguridad, así como disminuir la contaminación atmosférica y acústica.

Cada ciudadano, independientemente de sus recursos o de sus características físicas, pueda desplazarse dentro de la ciudad en las mejores condiciones posibles.



Puente a desnivel en Cochabamba.

Es también primordial mejorar la conectividad y la intermodalidad entre los diferentes modos de transporte. No se trata de excluir a los automóviles, pero es necesario limitar sus impactos y de reducir el uso de los vehículos motorizados individuales a situaciones particulares. El uso de los modos de transporte individuales como el automóvil, la moto y la bicicleta puede ser combinado con el uso del transporte público; por ejemplo, se propone la habilitación de estacionamientos en las paradas importantes donde la gente puede dejar su vehículo antes de tomar un bus (parqueos disuasorios).

2.2.1. Objetivos de la planificación vial

- a) Limitar el impacto negativo del tráfico sobre la seguridad, los espacios públicos y el medio ambiente.
- b) Garantizar el correcto funcionamiento de la circulación, mediante la coexistencia pacífica de los diferentes modos de transporte.
- c) Reducir los accidentes de tránsito con medidas técnicas adaptadas al contexto.

2.2.2. Correlación entre demanda y oferta en transporte

La oferta está relacionada con todas las infraestructuras y servicios de transporte disponibles para los usuarios; por ejemplo, las vías, aceras, red de transporte público, número de plazas de estacionamiento, etc.

La demanda representa el número de usuarios que utiliza la infraestructura y los servicios existentes; por ejemplo, 130 personas utilizan el micro M entre las 12:00 y 13:00 horas; 50 vehículos estacionan en la calle Murillo por la mañana, etc.

La oferta y demanda están vinculadas y la una influye sobre la otra. Por ejemplo:

- la oferta influye sobre la demanda cuando hay poco estacionamiento en el centro de la ciudad y las personas usan el transporte público para llegar al centro.
- la demanda influye sobre la oferta cuando se construye un nuevo barrio y se crea una nueva línea de minibuses.

Por eso, cuando se implementa mayor infraestructura de alta capacidad dedicada a los vehículos privados como viaductos, puentes, autopistas urbanas, etc. se incrementa el uso del automóvil. Así, es posible constatar que años después de la habilitación de estas infraestructuras, se encuentran nuevamente congestionadas. En efecto, estas infraestructuras motivan a las personas a adquirir nuevos vehículos, pues desplazarse en auto propio es cada vez más atractivo.

Sin embargo, la construcción de infraestructuras de desnivel o de alta velocidad dedicadas a los automóviles, limita el espacio y la comodidad para los otros modos de transporte y, a su vez, desmotiva a la gente a movilizarse a pie o en transporte público.

La oferta está relacionada con todas las infraestructuras y servicios de transporte disponibles para los usuarios, mientras la demanda representa el número de usuarios que utiliza la infraestructura y los servicios existentes.

2.3. Declaración de La Paz por la Movilidad Urbana Sostenible

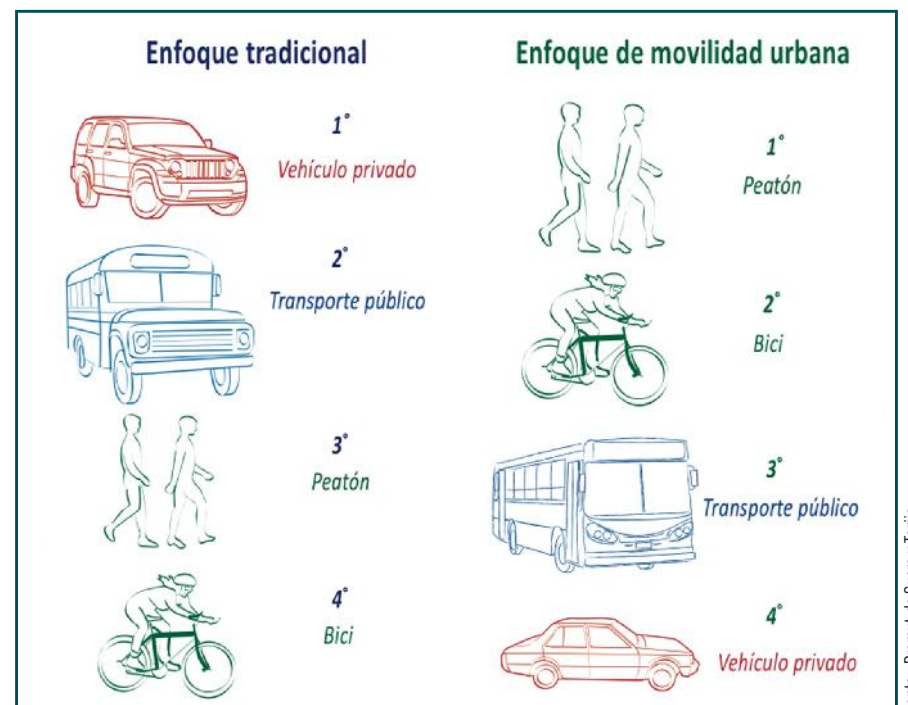
En octubre de 2013, se realizó en La Paz el Congreso de Transporte Urbano Sostenible CITUS BOLIVIA - 2013 donde participaron diversas autoridades municipales y técnicos encargados de la movilidad en las principales ciudades bolivianas. En este evento, los alcaldes de las ciudades firmantes se comprometieron a promover la movilidad urbana sostenible.

Nosotros :

Los Alcaldes de los municipios autónomos de Cobija, Cochabamba, El Alto, La Paz, Oruro, Potosí, Santa Cruz de la Sierra, Sucre, Tarija y Trinidad, reunidos en la Primera Cumbre de Alcaldes sobre Movilidad Urbana Sostenible, celebrada en la ciudad de Nuestra Señora de La Paz, el día 8 de octubre de 2013 años, considerando:

1. Que, son de competencia municipal el transporte urbano de pasajeros y carga, el registro de propiedad automotor, el ordenamiento y la educación vial, la administración y el control del tránsito urbano, según señala el artículo 302, numeral 18 de la Constitución Política del Estado y los artículos 17 inciso c), 22 y los artículos 25 y siguientes.
2. Que se ha convocado a la I Cumbre de Alcaldes sobre Movilidad Urbana Sostenible para construir consensos sobre una política común dirigida a promover cambios en las condiciones de Movilidad en nuestros municipios para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos/as.
3. Que se ha presentado un proceso de crecimiento y desarrollo urbano, económico y social en nuestros municipios que genera nuevos desafíos que deben ser respondidos en un marco de planificación urbana y estratégica para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos/as.
4. Que este proceso de desarrollo ha derivado en la degradación urbana, causado, entre otros por el incremento de la población urbana, del parque vehicular automotriz, la obsolescencia del modelo actual de servicio de transporte público y la consecuente demanda social por su mejora.

5. Que para el éxito de la implementación de la Movilidad Urbana Sostenible es necesario trabajar en la planificación urbana, educación ciudadana, cambio de enfoque y posicionamiento del tema en el imaginario colectivo, aprovechando la oportunidad histórica que se ha presentado en nuestras urbes, tanto en razón del incremento sin precedentes de los recursos disponibles, como de la creciente demanda ciudadana de soluciones reales a sus problemas de movilidad.



Esquema que muestra las diferencias entre el enfoque tradicional y el de movilidad urbana.

Fuente : Promut de Sucre y Tarija

Cambiar el enfoque tradicional implica cambiar el orden de prioridad, poniendo en el primer lugar el peatón

Los suscribientes en representación de nuestras respectivas instituciones:

1. *Declaramos nuestro compromiso de trabajar en pos de establecer políticas y planes estratégicos tendientes a favorecer la Movilidad Urbana Sostenible en nuestros municipios.*
2. *Acordamos que la movilidad de las personas en nuestras ciudades es un derecho ciudadano de carácter prioritario puesto que los desplazamientos de personas son un medio fundamental para garantizar otros derechos fundamentales como la salud, educación y el trabajo y otras actividades necesarias para la vida en sociedad (recreación, esparcimiento, etc).*
3. *Acordamos como definición única y uniforme del concepto de Movilidad Urbana Sostenible como: «Conjunto de políticas públicas y actuaciones que gestionan los diferentes modos de transporte y los aspectos de desarrollo territorial equilibrado, priorizando los desplazamientos poco contaminantes, favorables a la salud humana y sostenibles en términos de uso de los recursos existentes (combustibles, espacio y tiempo); permitiendo así satisfacer las necesidades de transporte de la población y de sus actividades, mejorando la calidad de vida en la ciudad para la población actual y las generaciones venideras». (...)*
8. *Declaramos expresamente nuestra voluntad política institucional firme de desarrollar políticas y estrategias siguiendo los principios de:*
 - a) *Evitar los viajes innecesarios en vehículos motorizados y reducir las distancias de viaje;*
 - b) *Cambiar la tendencia de la movilidad individual y transporte de carga hacia modos más saludables, eficientes, equitativos y amigables con el medio ambiente; y*
 - c) *Mejorar la infraestructura, tecnología vehicular y la gestión de los servicios de transporte mediante la adopción de tecnologías y prácticas más limpias, eficientes y seguras.*
9. *Declaramos públicamente nuestra voluntad política de romper el ciclo como primer paso hacia una verdadera Movilidad Urbana Sostenible favoreciendo el transporte masivo integrado y los modos de desplazamiento no motorizados. (...)*
11. *Promover el desarrollo y la implementación de sistemas de transporte público masivo integrado tanto de carácter municipal como en coordinación y coope-*

ración con los operadores actuales, comprometiéndonos, a mediano plazo, a ofrecer servicios de alta calidad (accesibles, rápidos, seguros, cómodos y confiables) a nuestros ciudadanos/nas. (...)

12. *Fomentar y preservar el uso y la seguridad del transporte no motorizado, mediante la dotación de infraestructura dedicada y segura, como parte fundamental de la Movilidad Urbana Sostenible.*

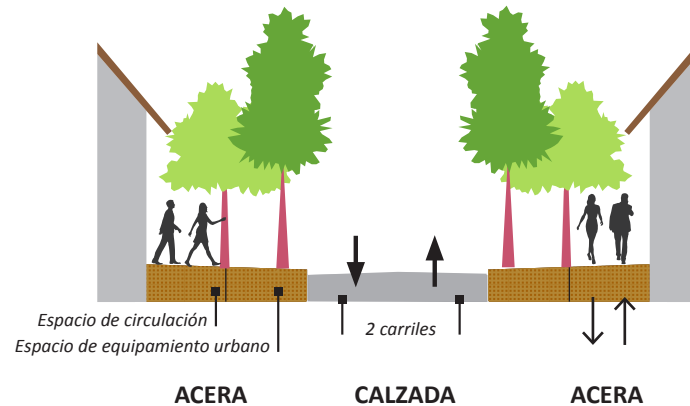


Ejemplo de una calle peatonal de alta calidad urbanística con medios financieros reducidos, cuyo planteamiento demuestra mucha creatividad.

Fuente : Anataly, Turquía

2.4. Principios fundamentales de ingeniería de tránsito

2.4.1. Elementos de las calles



a) Capacidades

La capacidad es uno de los elementos fundamentales de la ingeniería de tránsito. Define el número máximo de vehículos, peatones, pasajeros, etc. que pueden usar una vía, una intersección, una acera o un sistema de transporte público en una hora.

Se habla de **capacidad utilizada** cuando se compara el uso real de una infraestructura de transporte con su máxima capacidad. Así, una vía cuya capacidad utilizada es de 15% muestra claramente que ha sido sobredimensionada, mientras que cuando la capacidad utilizada llega al 90% la capacidad se acerca a los límites del sistema.

Algunos principios vinculados con las capacidades son:

- La capacidad de una red vial depende de su punto con menor capacidad.
- En el medio urbano, las limitaciones de capacidad se ubican siempre en las intersecciones y nunca en las vías.

- Aumentar el ancho de las calzadas, sin mejorar el funcionamiento de las intersecciones es inútil, costoso para el gobierno municipal y puede ser peligroso, pues con calzadas anchas existe mayor riesgo de accidentes.
- La capacidad máxima de una red vial urbana se alcanza a una velocidad límite de 40 km/h. Es a esta velocidad que el tráfico es más regular y fluido.
- Los ejes con más capacidad son los que tienen menor números de intersecciones.

Algunos datos sobre ingeniería de tráfico

Un carril de circulación en zona urbana, en condiciones de Bolivia, puede dejar pasar entre 800 y 1.200 vehículos por hora.

La hora pico representa entre 6 y 10% del tráfico diario. Y las horas pico son más agudas en las pequeñas ciudades que en las grandes.

Cuando hay más de 30 peatones por minuto y m^2 en una acera, los conflictos entre peatones se agudizan.

La velocidad comercial del transporte público en el medio urbano es generalmente de 10 a 12 km/h, por lo que alcanzar 18 km/h es un buen objetivo

La velocidad de un peatón en el medio urbano es de 3,5 km/h. La bicicleta se desplaza generalmente entre 10 y 15 km/h.

Las intersecciones son las que determinan la capacidad de una red.

b) Nivel de servicio

Gran parte de la ingeniería de tránsito se basa en la mejora de los niveles de servicio para ofrecer a los usuarios. Un nivel de servicio tipo “A” representa muy buenas condiciones de circulación, mientras que un nivel tipo “F” representa malas condiciones de desplazamiento.

Los niveles de servicio; por ejemplo, se pueden determinar para:

- La ocupación de una acera.
- La ocupación de una vía o autopista, entre otras.

Incrementar los niveles de servicio implica incrementar y mejorar la infraestructura disponible; por ejemplo, construyendo un paso a desnivel para que los automóviles puedan cruzar más rápidamente la intersección.

En definitiva, la elección del nivel de servicio es una elección política en función de los objetivos de movilidad de la ciudad y de los recursos disponibles.

El siguiente cuadro muestra los niveles de servicio para el paso de una intersección, pues cuanto más tiempo esperan los conductores menor es la comodidad.

Nivel de servicio	Demora en el paso de una intersección	
A	< 5 seg.	<i>El nivel de servicio tipo A caracteriza cruces donde los conductores esperan menos de 5 segundos en una intersección. Es un nivel de servicio muy bueno que ocurre cuando el avance es extremadamente favorable y la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde.</i>
B	5 - 15 seg.	<i>El nivel tipo B describe operaciones con demora superior a 5 segundos e inferior a 15 segundos por vehículo. Este ocurre generalmente con una buena progresión o con ciclos de semáforos cortos.</i>
C	15 - 25 seg.	<i>Estas demoras más prolongadas pueden deberse a una mayor cantidad de vehículos, ciclos más prolongados o a ambas circunstancias.</i>
D	25 - 40 seg.	<i>En el nivel de servicio tipo D se describen aquellas operaciones cuya demora sea superior a 25 seg. e inferior a 40 seg. por vehículo. En este nivel se hace más notable la influencia de la congestión.</i>
E	40 - 60 seg.	Muchos organismos internacionales consideran a este nivel como la demora aceptable en el ámbito urbano con un tiempo de espera de 40 a 60 seg. por vehículo. Estos valores de demora generalmente indican un avance lento, con duraciones medias de ciclo y alta relación Intensidad/Capacidad.
F	> 60 seg.	<i>Este nivel, donde la demora supera 60 seg., se suele presentar cuando existe una sobresaturación; es decir, cuando las intensidades de circulación de llegada superan la capacidad de la intersección. En días de fiestas y otros eventos hay que aplicar el nivel F.</i>

Bajo el enfoque tradicional, ofrecer un alto nivel de servicio a los conductores implica la construcción de infraestructuras pesadas y costosas. Además estas infraestructuras ocuparán el espacio de los otros modos de transporte : peatones, ciclistas y transporte público. Sin embargo la movilidad sostenible plantea no solo formas ingeniosas de encontrar los niveles de servicio sino de promover la coexistencia entre los diversos modos de transporte.

2.5. Metodología en los proyectos de diseño

2.5.1. Distribución del espacio vial

La distribución del espacio vial afronta dos principales problemáticas:

- El espacio urbano está limitado y generalmente mal distribuido. Existe mucho espacio en los barrios nuevos donde la demanda en transporte es limitada y hay poco espacio en los centros donde la gran mayoría de personas quiere llegar.
- Existe mucha demanda en relación al poco espacio disponible. Entre la ocupación en circulación, los vehículos estacionados, los peatones y ciclistas,

las vías se encuentran llenas y a esto se suma la ocupación por el comercio callejero.

Frente a un espacio limitado y demasiadas necesidades, la elaboración de un proyecto necesita básicamente:

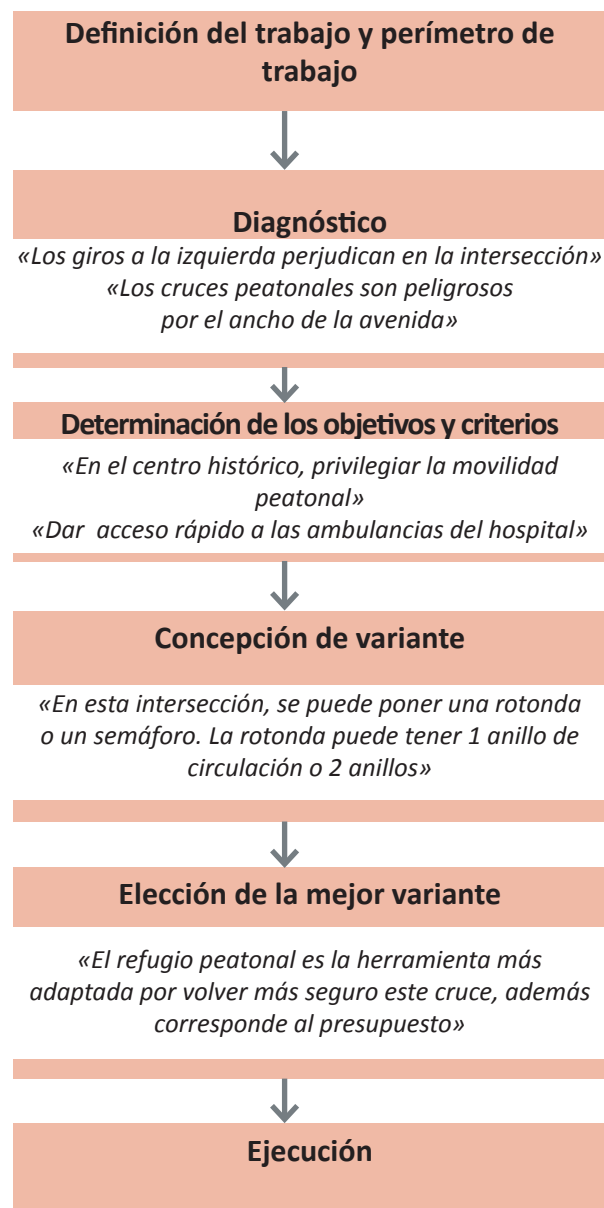
- Determinar objetivos claros para la zona.
- Optimizar el diseño en función de las condiciones locales.
- Considerar las restricciones presupuestarias.

Seguir una metodología apropiada para la elaboración de proyectos, permite encontrar la solución más adecuada para el lugar y permite también apoyar esta solución frente a las autoridades políticas.

Criterios	Ponderación del criterio	Variantes		
				
Costos	Costo menor a Bs. 100.000	+	+	--
Largo del cruce	10/10	12 m	2 x 5 m	0
Impacto sobre el tráfico vehicular	8/10	=	+	=
Utilización por los peatones	10/10	60%	80%	15%
Respeto por los conductores	8/10	=	++	++
Impacto urbano	3/10	=	=	-
		Variante sin gran impacto	Variante elegida	Variante rechazada por falta de presupuesto

Análisis multicriterio para la elección de una infraestructura peatonal. El análisis multicriterio permite la comparación objetiva de distintas soluciones. Algunos criterios pueden permitir descalificar algunas alternativas, referidas al nivel técnico; por ejemplo, por falta de presupuesto.

2.5.2. Metodología de elaboración de un proyecto de diseño del espacio público



En esta primera etapa del proyecto se necesita también estudiar los instrumentos de planificación existentes para el área de intervención como ser los Planes Municipales de Ordenamiento Territorial (PMOT), los Programas Municipal de Transporte (PROMUT), u otros similares.

La elaboración de un proyecto necesita considerar los objetivos generales de la ciudad, limitar accidentes, apoyar a peatones y ciclistas, usar los lineamientos técnicos y adaptarlas a las condiciones locales.

El diagnóstico es una etapa crucial del trabajo. No se trata de recolectar un máximo de datos, pero sí de **definir con claridad el problema**. Un buen diagnóstico tiene que enumerar los problemas de todos los actores del lugar (peatones, conductores, chóferes, alumnos, comerciantes, ambulancias, transporte pesado, etc.) y tomar en cuenta otras problemáticas, como la preservación del patrimonio, por ejemplo.

En el diagnóstico se trata de evaluar con claridad cómo la zona del proyecto va a interactuar con el resto del barrio o de la ciudad.

Cada proyecto necesita una **determinación clara de los objetivos**, en particular ¿qué modo de transporte se va a privilegiar en la zona del proyecto?. Se trata también de tomar en cuenta los intereses particulares de los otros actores involucrados en el lugar (alumnos, hospital, zona industrial, etc.)

Para elaborar un buen proyecto de diseño, es necesario pensar en las soluciones después del diagnóstico y en la determinación de los objetivos. Las autoridades, en particular, tienden a determinar las soluciones antes de realizar el análisis técnico y los técnicos deben saber elaborar y comunicar los aspectos fundamentales de las variantes técnicas.

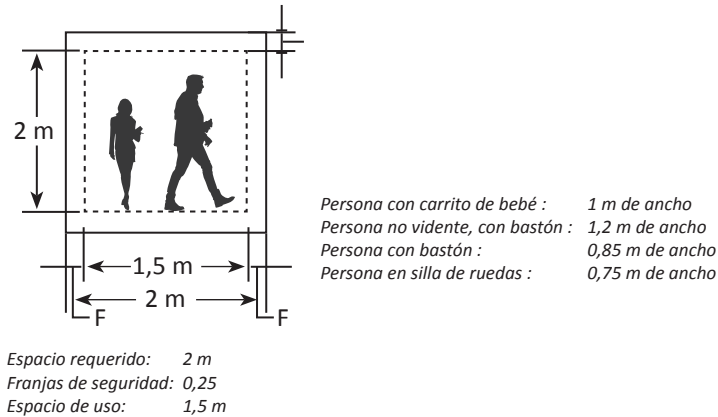
Para un proyecto existen generalmente varias soluciones posibles, por lo que se deben considerar todas, tomando en cuenta las condiciones locales.

En esta fase se trata de **comparar las diferentes variantes propuestas**. Por eso hay que evaluar cada solución en función a los objetivos y a las limitaciones existentes, sobre todo, los recursos disponibles. Los diferentes objetivos pueden ser ponderados por separado. El análisis multicriterio es la herramienta ideal para esta fase del trabajo.

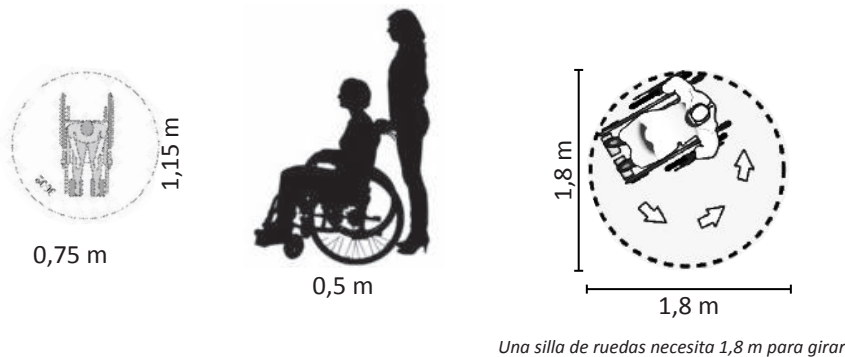
Después de la redacción del **informe técnico final**, viene la elaboración del proyecto a detalle y del plan de ejecución, antes de la construcción de la obra. Sin embargo, antes de la construcción, se puede atravesar una fase de prueba, donde se implementa infraestructura temporal en base a conos, bolsas de arena, etc.

2.6. Exigencias de los usuarios no-motorizados

2.6.1. Dimensiones para la movilidad de los peatones



2.6.2. Dimensiones para la movilidad de personas en silla de ruedas



Los usuarios de las vías tienen diferentes necesidades de espacio. Existen dimensionamientos mínimos para asegurar los desplazamientos seguros y cómodos de cada persona. El espacio necesario se reparte entre el espacio de uso (dimensiones estáticas y dinámicas) y las franjas de seguridad que se incrementan con la velocidad de circulación.

Para permitir los desplazamientos de todos los peatones, una acera debe tener 1,5 metro de ancho libre de obstáculos (árboles, comerciantes, postes, etc). Entonces, el ancho mínimo de una acera es de 2 metros.

Otras necesidades de los peatones

Las necesidades de los peatones varían en función de su edad, sexo y capacidades físicas, entre otras.

Como avanzan lentamente (3,5 km/h) necesitan trayectos directos.

Necesitan trayectos con baja pendiente.

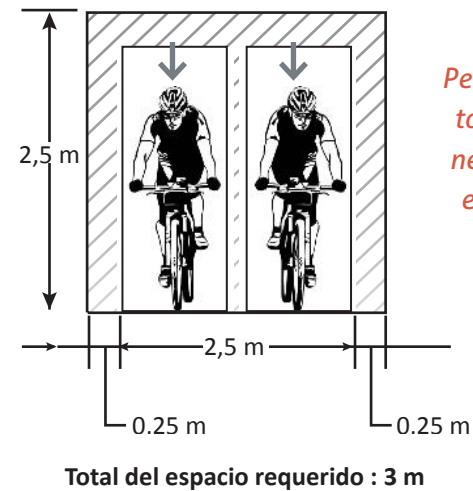
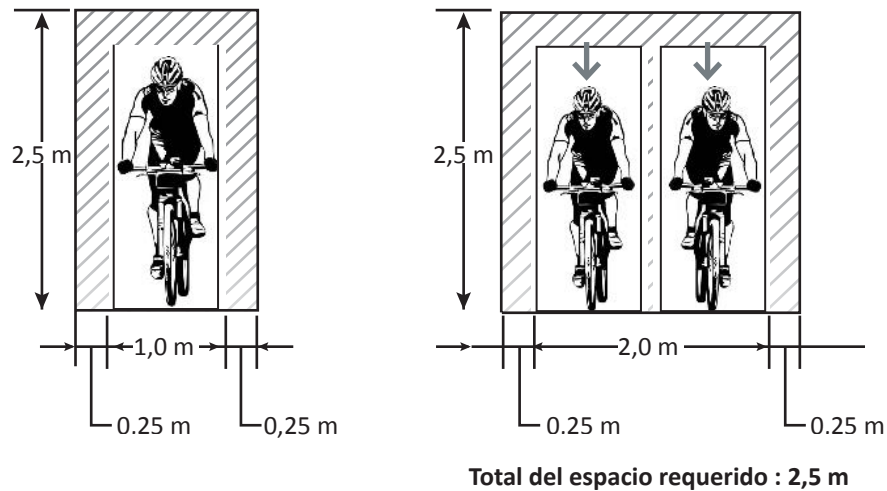
Son vulnerables tanto al tráfico vehicular como a las conductas antisociales, por lo que necesitan iluminación, caminos abiertos, presencia policial, etc.

Son impacientes. Si un semáforo tarda más de 30 segundos en otorgarles el paso, van a cruzar de todas maneras.

Caminan en contacto directo con las calles. Son más sensibles al espacio, a la calidad del mobiliario urbano, a la velocidad y a la intensidad del tráfico.

Generalmente se vinculan con el transporte público, por lo que los accesos hacia las paradas deben ser habilitados con especial cuidado.

2.6.3. Dimensiones para la movilidad de los ciclistas

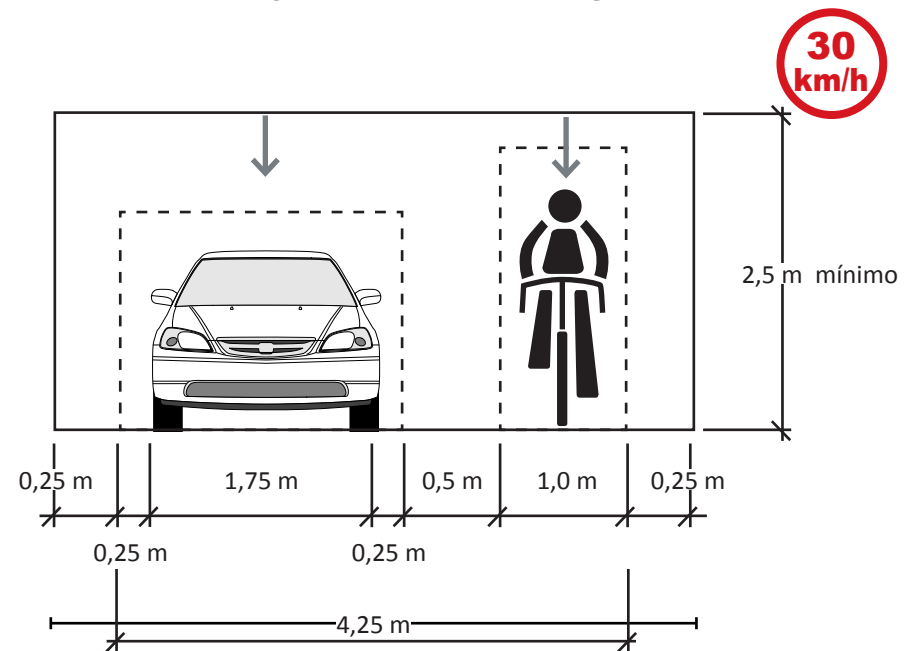


Peatones y ciclistas disfrutan de una total libertad de movimiento. Si sus necesidades no se cumplen, se pone en riesgo su seguridad (caminando sobre la calzada, cruzando por cualquier lado, etc.).

2.6.4. Dimensiones para el cruce de autos y bicicletas

Otras necesidades de los ciclistas

- Las necesidades de los ciclistas varían en función de su edad, sexo, capacidades físicas, etc. La bicicleta se usa tanto como actividad recreativa como modo de transporte.
- Siendo un modo de transporte que provoca fatiga, los ciclistas necesitan vías lo más rectas y planas posibles.
- Para los ciclistas, tener que poner el pie en el piso (por ejemplo, en un cruce) es una gran molestia.
- Tanto los ciclistas como los peatones son muy sensibles a las barreras arquitectónicas que imponen desvíos, autopistas, urbanizaciones privadas, ríos, etc.
- Los ciclistas necesitan numerosos estacionamientos seguros para poder dejar su bicicleta llegando a su destino.
- Los ciclistas necesitan más espacio de subida que de bajada. Si hay espacio sólo para una ciclovía tiene que ser de subida.

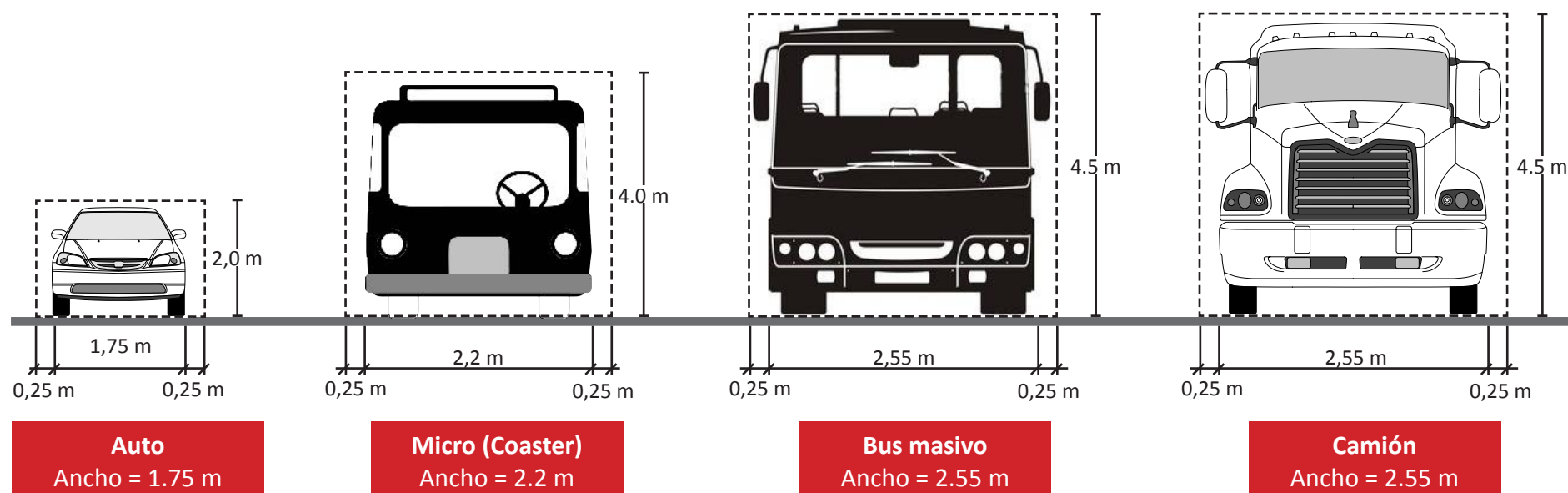


2.7. Exigencias de los modos motorizados

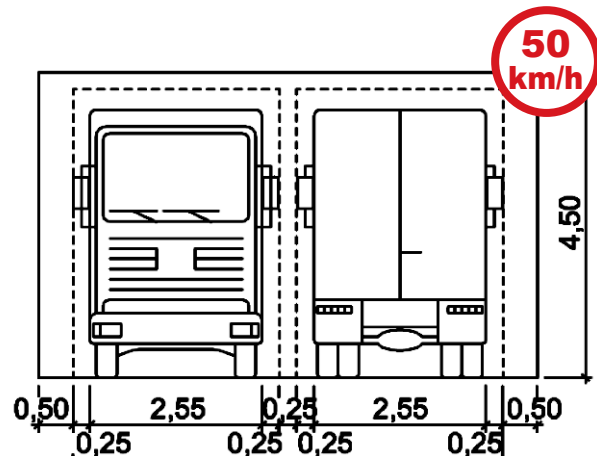
Las dimensiones de los principales tipos de vehículos motorizados se muestran en estas páginas. Cuando se dimensionan las vías, se adiciona a las dimensiones de los vehículos parados franjas de seguridad para permitir el cruce, aproximadamente 0,75 m entre cada vehículo. **Sin embargo, el ancho de las vías depende principalmente de la velocidad de diseño proyectada por el encargado de la planificación. Reducir la velocidad permite el ahorro de espacio público.**

2.7.1. Dimensiones de los vehículos (parados)

Tomar en cuenta las dimensiones exactas de los vehículos permite dimensionar sin exceso el ancho de las vías. Eso contribuye a regular la velocidad del tráfico motorizado y distribuir equitativamente el espacio urbano.

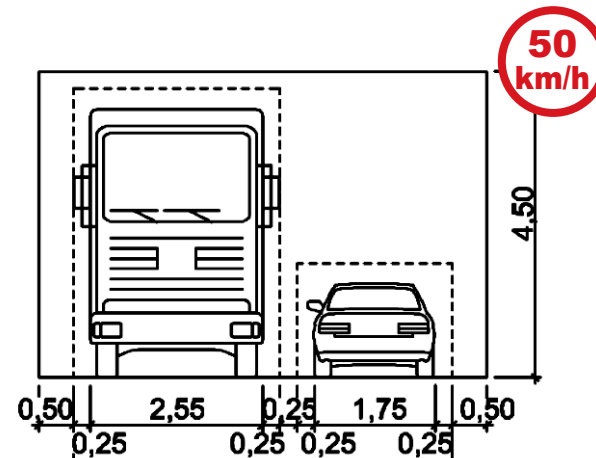


2.7.2. Dimensiones para el cruce de vehículos



Cruce de camiones (zonas industriales)

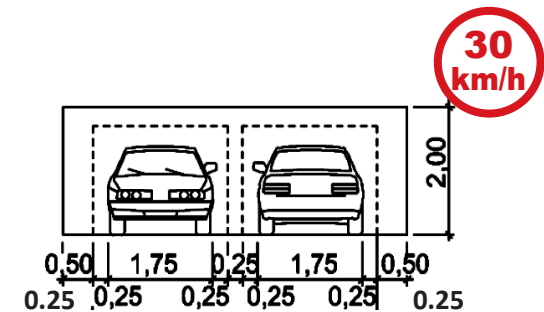
Ancho = 7.35 m
Ancho mínimo = 6.9 m



Cruce de camiones y autos

Ancho = 6.55 m
Ancho mínimo = 6.0 m

Los anchos de calles depende de la velocidad planificada para el lugar



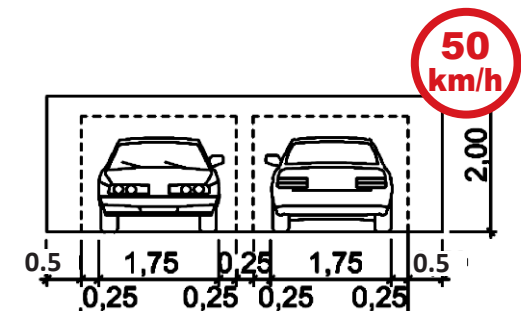
Cruce de autos (zonas residenciales)

Ancho = 5.25 m
Ancho mínimo = 5.0 m

Ancho (sin retrovisores) de otros vehículos

Ambulancia :	2,2 m
Camión bombero :	2,5 m
Camión basurero :	2,55 m
Camión refrigerio :	2,6 m
Transporte especial :	hasta 4,5 m

El vehículo más grande en el medio urbano es generalmente el camión basurero.



Cruce de autos (zonas residenciales)

Ancho = 5.75 m
Ancho mínimo = 5.5 m

Un carril lateral de estacionamiento mide 2 m de ancho y el ancho de un automóvil es de 1,75 m.

Fuente: «Manual de vías y espacio público, Sucre»
«Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen»
«Plan maestro ciclista de Lima y Callao»
«Abu Dhabi urban street design manual»

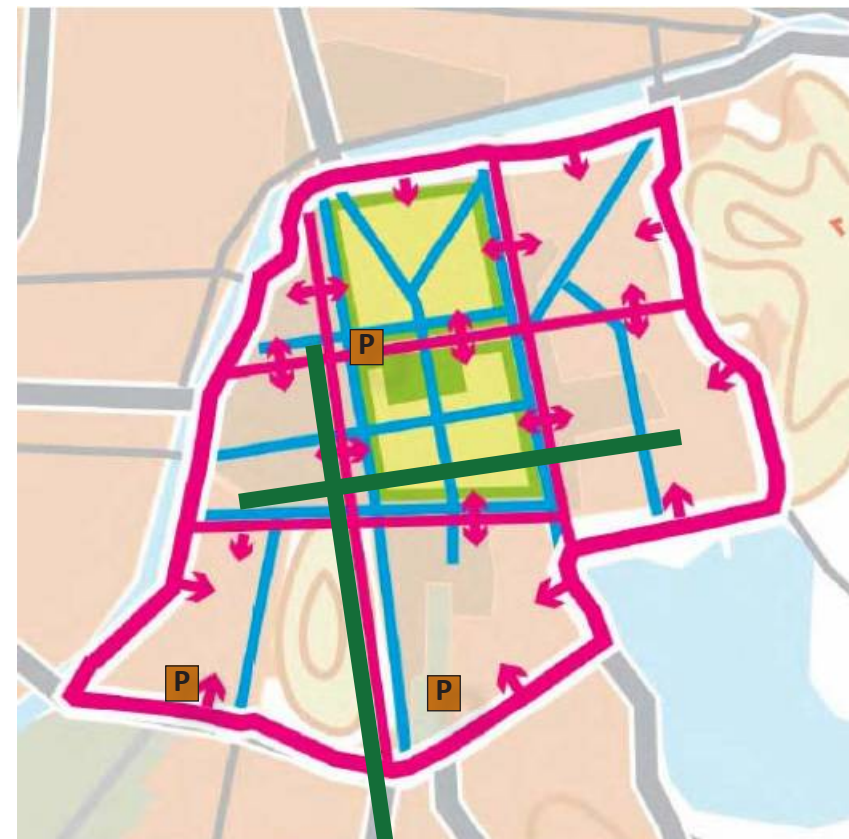
2.8. Jerarquía vial y multimodalidad a la escala de la ciudad

La concepción global de la ciudad se inicia con el diseño de calles que favorecen la movilidad sostenible y promueven el respeto a las necesidades de todos los usuarios. Limitar los efectos negativos del tráfico supone determinar el nivel máximo de congestión, la jerarquía vial y los ejes principales de transporte público. En este sentido, se necesita definir, a escala de la ciudad, los siguientes elementos:

- Zonas donde los peatones son prioritarios.
- Principales ejes de transporte público, donde el transporte público debe tener prioridad por una serie de medidas técnicas (carriles exclusivos, semáforos inteligentes, etc.).
- Ciclovías más importantes.
- Principales vías dedicadas al tráfico privado, así como a la red de segundo nivel.

Principios generales de concepción multimodal de un territorio

- Priorizar al peatón en casi todas las calles (centro, zonas comerciales, barrios, etc.) y hacer más seguros los desplazamientos peatonales en las vías importantes y en las intersecciones.
- Aplicar medidas de moderación del tráfico en los barrios.
- Separar los ejes dedicados al transporte público y bicicletas de los ejes dedicados al vehículo privado. El transporte público, debe tener prioridad sobre el tráfico particular en todos sus ejes.
- Ubicar los ejes dedicados al transporte público dentro de las zonas urbanizadas (centro, barrio, etc.) y ubicar los ejes dedicados al transporte individual lejos de las zonas habitadas para limitar los efectos negativos del tráfico.
- Ofrecer vías atractivas a los vehículos privados para concentrarlos en estas áreas y evitar la dilución del tráfico en los barrios.
- Utilizar la red vial existente, limitando la construcción de grandes infraestructuras.



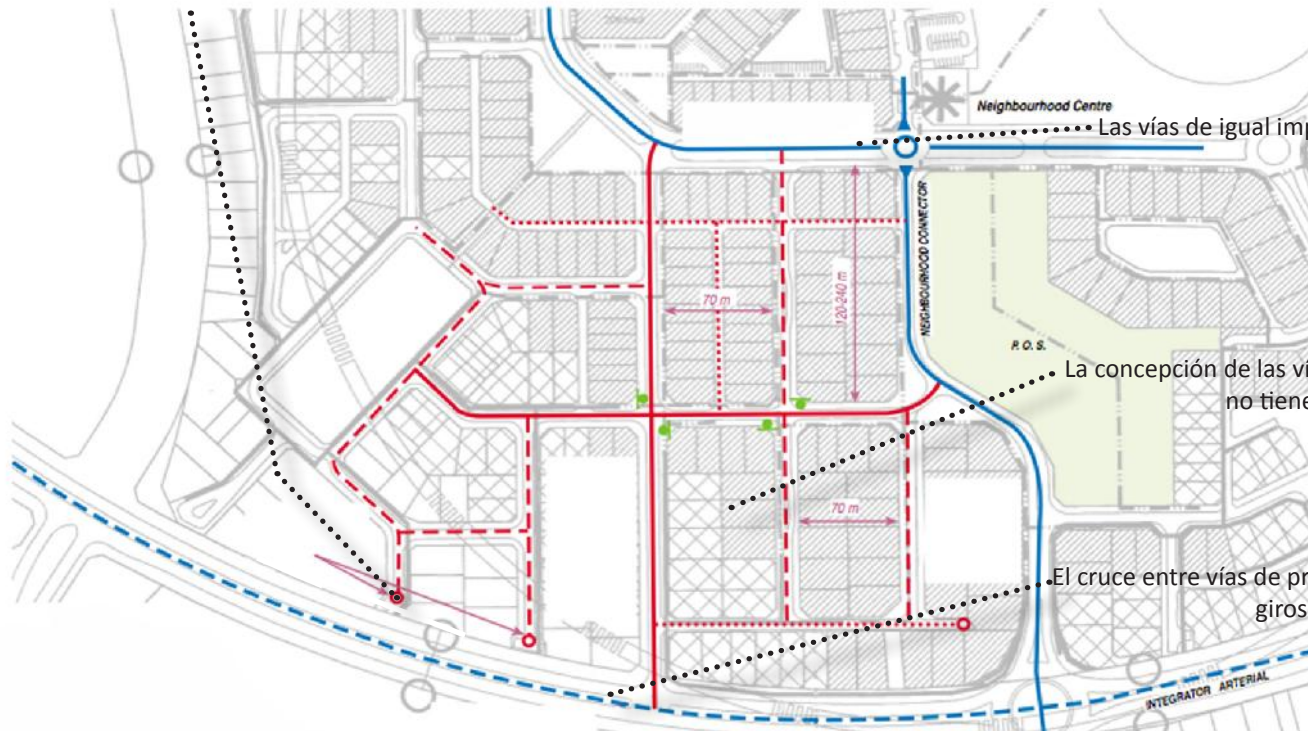
- Ejes de transporte público
- Tráfico particular
- Ejes ciclistas
- Zonas de prioridad para los peatones
- Parques para el acceso al centro

Concepto de circulación multimodal para el centro de la ciudad de Cochabamba. Ejemplo teórico basado en «Definición de red y diseño final de ciclovías urbanas para la Ciudad de Cochabamba, Metron, 2009».

2.8.1. Ejemplo de jerarquía vial aplicada a un barrio

Las vías de tercer nivel no se conectan directamente con las vías de primer nivel, pero el acceso para bicicletas y peatones está permitido.

Limitar el número de intersecciones sobre las vías de primer nivel permite limitar los accidentes y garantizar una buena circulación del tráfico.



Las vías de igual importancia pueden conectarse con una rotonda

La concepción de las vías minimiza el tráfico de paso, el cual no tiene relación con el barrio

El cruce entre vías de primer y tercer nivel sólo permite giros a la derecha

- ■ ■ ■ Vías de primer nivel - vías principales a través la ciudad
- Vías de segundo nivel - vías colectoras entre barrios
- Vías de tercer nivel - vías vecinales en el barrio
- ■ ■ ■ Vías de cuarto nivel sólo acceso a viviendas

Vías cuya función principal es la circulación del tráfico particular o público

Vías cuya función principal es promover la convivencia entre vecinos en los barrios y el acceso a las casas



Fotos : Tarija.



3. Vías



Cada calle, cada proyecto es diferente. Resolver los conflictos propios de un lugar determinado necesita una solución única.

Los principales factores que se deben tomar en cuenta para el diseño de vías son:

1. La función de la vía dentro de la red vial global de la ciudad (primer, segundo y tercer orden).
2. La determinación de los usuarios a privilegiar.
3. La definición de la velocidad de circulación deseada en el tramo (una vía a 30 km/h no se dimensiona, ni se habilita como una vía a 50 km/h).
4. El tipo de actividades que existen alrededor de la vía (escuela, comercios, estadio, administración, etc.) actualmente y a futuro.
5. La necesidad o no de prever estacionamiento para vehículos privados.

El dimensionamiento de las vías se realiza en función a los objetivos globales de la ciudad; por ejemplo, beneficiar a los peatones, y a los objetivos del área de intervención. Este dimensionamiento debe tomar en cuenta a los usuarios habituales y no excepcionales. Por ejemplo, el tráfico pesado puede circular pero sin disfrutar de excelentes condiciones. Asimismo, las vías no se dimensionan para las horas pico que representan solamente unas 15 horas por semana.

3.1. Principios del diseño de vías

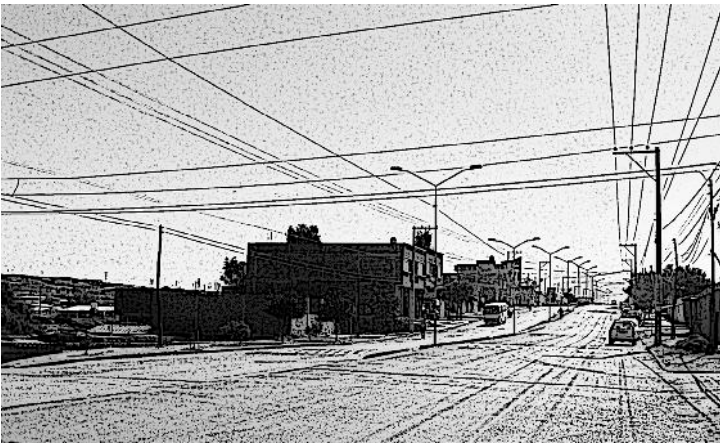
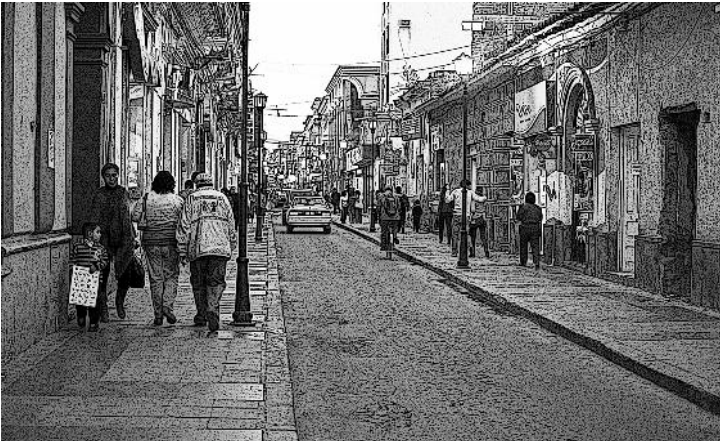
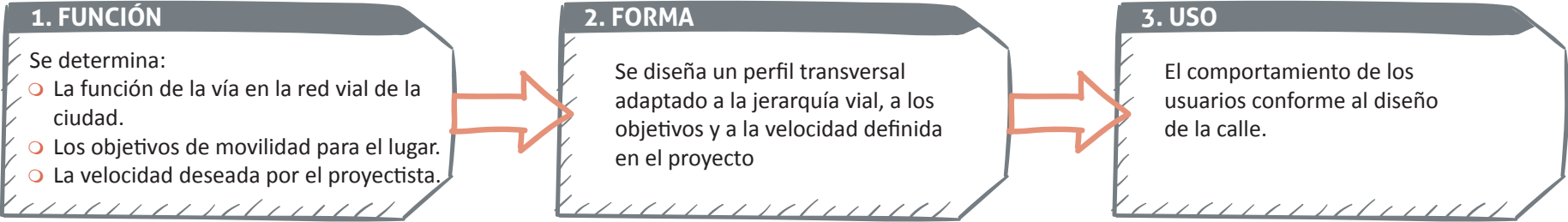
Con un buen diseño de vía, en especial con un perfil transversal adaptado, se puede, además de asegurar la circulación de los motorizados, alcanzar los siguientes objetivos :

- Reducir el número y la gravedad de los accidentes en una calle.
- Gestionar las velocidades del tráfico.
- Devolver a las calles sus funciones sociales.
- Incentivar la caminata y el ciclismo.

En este sentido, se trata de poner mucha creatividad y reflexiones en el diseño, concibiendo calles adecuadas a las condiciones del lugar y a las necesidades de todos los usuarios.

Dimensionar las vías para la hora pico o para el transporte pesado requiere de altos niveles de inversión en infraestructura y quita espacio urbano a los peatones.

3.1.1. Relaciones entre función, forma y uso de una vía



Fotos: Iarja.

Función y objetivos de la calle en la red de la ciudad	Diseño y habilitación de la vía (forma)	Comportamiento del usuario (uso)
Red vial de tercer orden: ○ Calle patrimonial del centro de la ciudad. ○ Prioridad a los peatones. ○ Posible acceso para la circulación y reparto. ○ Velocidad máxima deseada = 30 km/h.	Calzada de 3 m ○ Circulación combinada de automóviles y bicicletas. ○ Aceras ampliadas al máximo (2 x 2 m). ○ Revestimiento particular de las aceras y estético mobiliario urbano.	○ Los conductores circulan despacio. ○ Los peatones disfrutan de la calidad del espacio público. ○ Los ciclistas pueden circular con seguridad.
Red vial de primer orden: ○ Vía de acceso a nuevos barrios. ○ Desplazamientos peatonales en el barrio. ○ Velocidad máxima deseada = 50 km/h.	Calzadas muy amplias (2 x 8 m) ○ Rompe muelles. ○ Aceras no habilitadas. ○ Ausencia de cruces peatonales seguros. ○ Ausencia de paradas de transporte público. ○ Ausencia de lugares de estacionamiento determinados.	○ Los motorizados circulan muy rápidamente (a más de 50 km/h) y existe la presencia de rompe muelles). ○ Los peatones circulan en la calzada y cruzan donde pueden con el consecuente riesgo. ○ El transporte público se detiene en cualquier parte. ○ Los vehículos estacionan en cualquier parte.

3.1.2. ¿Separar o mezclar a los diferentes usuarios?

Para mejorar la comodidad y la seguridad de todos los usuarios es generalmente necesario definir espacios delimitados para los diferentes modos de transporte. Cada espacio tiene sus propias dimensiones y las barreras de separación pueden ser más o menos rígidas.

Peatones	Los peatones deben estar siempre separados de los vehículos motorizados para garantizar su seguridad (excepto en las zonas semipeatonales)
Ciclistas	Los ciclistas deben estar separados, cuando la velocidad del tráfico vehicular es mayor a 30 km/h, pero pueden desplazarse sobre la calzada cuando las velocidades son bajas (20 km/h) Peatones y ciclistas se entremezclan cuando uno de los dos flujos es muy escaso.
Transporte público	Cuando hay una gran concentración de transporte público, se puede crear carriles exclusivos con el propósito de mejorar la velocidad de los buses.
Estacionamiento	Debe estar siempre claramente delimitado y señalizado.

Por lo visto anteriormente, es importante separar a los diferentes usuarios en los siguientes casos:

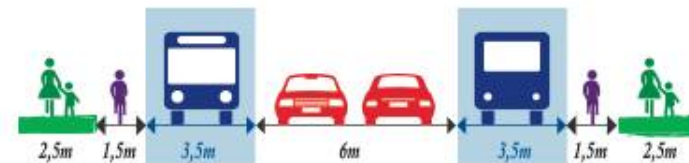
- La velocidad ejercida por los vehículos motorizados es alta (superior a 40 km/h),
- La principal función de la vía es el tránsito y no el paseo, el comercio o el vecindario.

Principales ventajas de separar o combinar a los usuarios:

Separar	Mezclar
○ Cuando los usuarios están separados, el espacio es más «legible», porque cada uno conoce su lugar y sabe por donde circular. ○ La seguridad de cada grupo es mayor en la vía. ○ Al separar a los usuarios, el espacio urbano puede ser valorizado con jardineras y otros. Las calzadas parecen menos amplias.	○ Combinar a los usuarios permite optimizar el uso de espacio vial. ○ La gestión de las intersecciones es más simple cuando los usuarios están mezclados. ○ Se facilita el mantenimiento de los distintos espacios.



A - Espacio para peatones



B - Espacio para el transporte público



C - Espacio para ciclistas



D - Espacio para el vehículo particular

Fuente: Promut Sucre y Tarija.

3.1.3. ¿Cómo mejorar la seguridad en las vías?

a) Definir la velocidad deseable para cada vía

La velocidad es el primer factor que determina la probabilidad de accidentes (colisiones y atropellamientos).

En las ciudades, cada vía y cada barrio es distinto del otro. Por eso, los contextos urbanos, los equipamientos, el tipo de usuarios y los flujos de tráfico varían. La velocidad tiene entonces que adaptarse a las condiciones locales. A simple señalización vertical u horizontal no es suficiente para limitar la velocidad de los conductores, por lo que la calle debe adaptarse para reducir la velocidad de los autos. Paulatinamente puede reducirse la velocidad en todas las calles con modificaciones en la infraestructura física.

Para este propósito existen numerosas herramientas técnicas como dimensionar correctamente el ancho de vía, usar reductores de velocidad, reducir los radios de giro, señalizar, modificar el perfil recto de las vías, etc. La definición de las velocidades se hace en función de la jerarquía de la red vial y de las condiciones locales.

b) Reducir el ancho de las calzadas

Las calzadas amplias incrementan enormemente el riesgo de accidentes por varias razones, algunas de las cuales son:

- La velocidad que imprimen los conductores aumenta,
- Los peatones tardan más tiempo en cruzar la calzada y existe mayor probabilidad de atropellamientos,
- La legibilidad del espacio es complicada de entender. Los usuarios no saben cómo actuar y empiezan a tener malos comportamientos (estacionar o parar donde sea, etc.).

Para lograr esto se debe escoger un ancho de vía y un número de carriles adecuados, delimitar el estacionamiento con “orejas”, colocar señalización horizontal, ampliar las aceras, plantar árboles, etc.

c) Aumentar la visibilidad

Ver y ser visto es una condición básica para evitar accidentes. En zona urbana, los obstáculos a la visibilidad son numerosos: edificios, puestos de comercio, estacionamiento, señalización, publicidad, árboles, obras, etc.

¿Qué hacer? El primer punto consiste en eliminar de las intersecciones y las zonas de cruces peatonales, todos los obstáculos visuales. También, se trata de suprimir el carril de estacionamiento unos 5 metros antes del paso peatonal, construyendo orejas.



Plano de velocidad



Ejemplo de «oreja» que permite estrechar una calle, delimitar el estacionamiento, mejorar la visibilidad y reducir los cruces peatonales

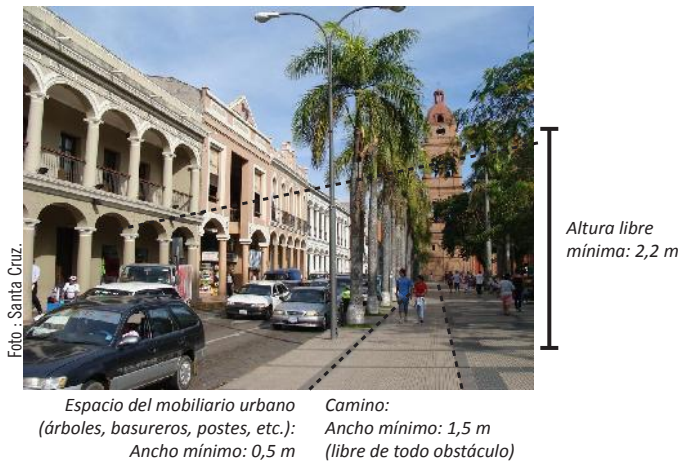


Fuente: «Aménager la voirie: 10 principes essentiels pour la sécurité»

Foto: Sydney - Australia.

3.2. Principales dimensiones del perfil transversal de calle

3.2.1. Dimensionamiento de las aceras



Cuando el espacio de acera es reducido se debe poner el mobiliario urbano adosado a las fachadas, pues así ocupa menos espacio.

“Los gobiernos municipales deben establecer una red de aceras y pasos peatonales que brinden seguridad a los peatones”
Ley General de Transporte N°165 - art. 190 III

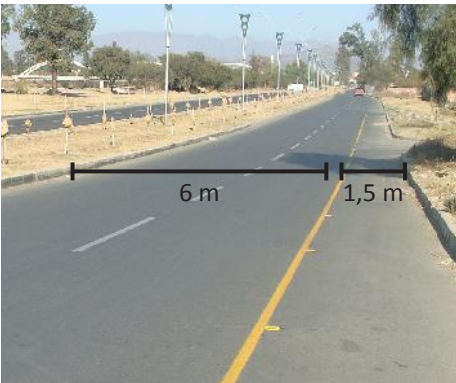
Otras dimensiones:

Equipamiento	Ancho
Paradas de buses	2,5 m
Terrazas de restaurantes	3 m
Anaqueles	2 m
Vendedores ambulantes	0,7 m
Un árbol necesita una acera de unos 3,5 m de ancho	



Ancho mínimo de una parada de bus = 2,5 m.
Además debe haber 1,5 m libre de acera

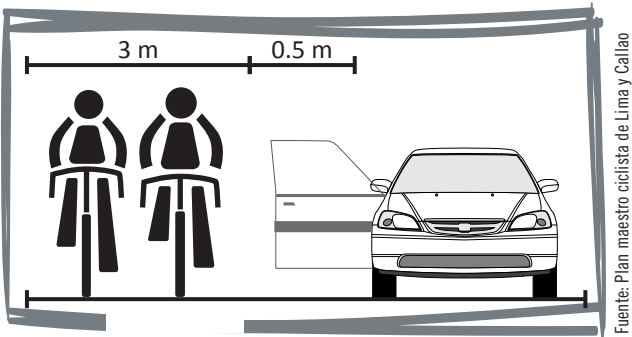
3.2.2. Dimensionamiento de las ciclovías



Ancho mínimo = 1,5 m
(La franja se diseña a parte del espacio de circulación de los vehículos)



Ancho = 2,5 m para un sentido de circulación
Ancho = 3 m para dos sentidos de circulación



Cuando una franja o una pista para ciclistas bordea vehículos estacionados, se debe colocar una franja de seguridad de 0,5 m para permitir la apertura de puertas.

3.2.3. Dimensionamiento de ancho de vías - 2x1

Calzada de 4 a 4,8 m	El cruce de 2 autos se realiza a velocidad reducida El cruce con camiones se puede realizar subiendo a la acera	Reductores de velocidad
Calzada de 4,8 a 5,5 m	2 autos cruzan en 30 - 50 km/h El cruce auto/camión se hace a velocidad reducida	Calles de 2o orden sin tráfico pesado Calles de 3er orden
Calzada de 5,5 m a 6,5m	2 autos cruzan fácilmente a 50 km/h o más El cruce de 2 camiones debe realizarse a velocidad reducida	Calles de 2o orden Calles de 1er orden
Calzada de 6,5 m	El cruce de 2 camiones o de 2 buses masivos se hace sin reducir la velocidad	Ejes de transporte público (masivo) Calles de zonas industriales

El ancho máximo de una vía 2x1 en zona urbana es de 6,5 m.

3.2.4. Dimensionamiento de ancho de vías a sentido único - 1x1

En estas vías es importante tomar en cuenta los camiones basureros, de auxilio y de reparto.

Velocidad deseada	Sin buses o camiones	Con buses o camiones
30 km/h	2,8 m	3 m
50 km/h	3 m	3,2 m

3.2.5. Dimensionamiento de ancho de vías con varios carriles

Si la vía tiene varios carriles, el dimensionamiento no tiene que hacerse para 2 camiones, pero considerando que el tráfico pesado usa solamente el carril de la derecha.

Velocidad deseada	Sin buses o camiones	Con buses o camiones
30 km/h	2,8 m	2,2 m
50 km/h	3 m	2,5 m

3.2.6. Dimensionamiento de plazas de estacionamiento longitudinal

Un carril de estacionamiento longitudinal necesita un ancho de 2 m; es decir, un metro menos que un carril de circulación. El largo de los cajones es de 5,8 m. lo que significa que es suficiente para maniobrar una calzada de 3 m.

Sin embargo, permitir el estacionamiento en un carril de circulación, requiere un metro más de espacio público destinado al vehículo. Este espacio podría ser redistribuido a los peatones sin cambiar el funcionamiento de la vía.



Foto : Potosí



Foto : Oruro



Foto : Sucre

El dimensionamiento del ancho de la calzada se define en función de la velocidad deseada.

3.3. Red vial de tercer orden: Vías vecinales

3.3.1. Objetivos de las vías vecinales

- Asegurar los desplazamientos de vehículos motorizados en los barrios y permitir el acceso a las casas.
- Ofrecer una buena calidad de vida local con zonas comerciales, escuelas, terrazas de restaurantes, juegos de niños, áreas patrimoniales, etc.
- Beneficiar preferentemente con infraestructura dedicada a peatones y ciclistas.
- Limitar la velocidad de los vehículos motorizados para reducir los accidentes y los efectos negativos del tráfico.
- Ofrecer buenas condiciones a los pasajeros del transporte público.
- Limitar el tráfico de paso, que no tiene relación con el lugar.
- Establecer una velocidad 30 km/h que es la proyectada sobre estas vías.



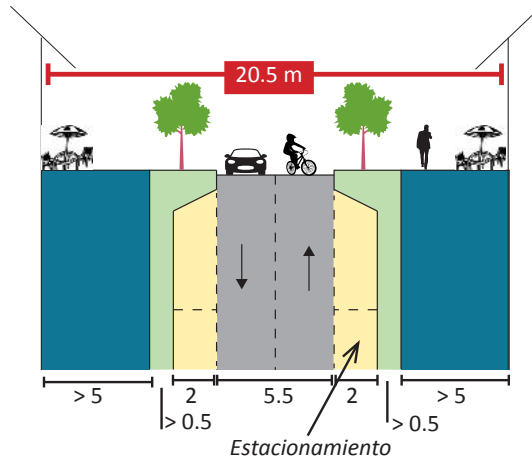
Foto: Lima - Perú.

3.3.2. Principales características técnicas

- El ancho de la calzada debe ser reducido para limitar el riesgo de accidentes y obligar a los conductores a mantener su velocidad a 30 km/h.
- El uso de herramientas de moderación de tráfico así como mobiliario urbano y vegetación debe generalizarse.
- En estas vías el número de intersecciones es importante.

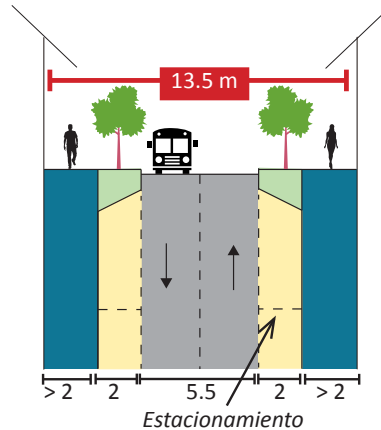
Peatones	○ Los peatones deben disponer de aceras cómodas, con posibilidades de ampliación según las actividades desarrolladas en el área (comercios, escuelas, etc.). ○ Los cruces se hacen con pasos peatonales, sin embargo con velocidades reducidas del tráfico, los peatones podrían cruzar por cualquier lugar. ○ Los caminos hacia las paradas de transporte público deben ser habilitados con cuidado.
Ciclistas	Como la velocidad del tráfico es baja, los ciclistas pueden mezclarse con el tráfico motorizado.
Transporte público	El transporte público puede circular en estas vías.
Estacionamiento	El estacionamiento debe estar disponible y claramente delimitado. Se debe también contar con estacionamiento para moto, bicicletas y reparto de mercancías.

Con 8 metros o menos de espacio vial es imposible prever estacionamiento.



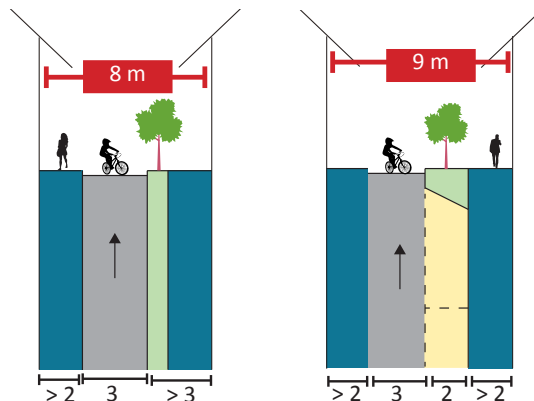
Vía 2 x 1 - con estacionamiento y paseos peatonales

- Calzada de 5,5 m que limita las velocidades.
- Aceras muy anchas que brindan la posibilidad de implementar terrazas, mobiliario urbano, vegetación, etc.
- Carril de estacionamiento longitudinal. Cada 5 plazas se ubica una oreja con vegetación.



Vía 2 x 1 - con estacionamiento

- Calzada de 5,5 m que limita las velocidades a 30 km/h.
- Cómodas aceras, protegidas del tráfico por un carril de vegetación y estacionamiento.
- Carril de estacionamiento longitudinal. Cada 5 plazas se ubica una oreja con vegetación.



Vías 1 x 1 - sentido único

- Calzada de 3 m que permite el paso de todos los vehículos y limita las velocidades.
- Aceras cómodas.
- Carril de estacionamiento longitudinal. Cada 5 plazas se ubica una oreja con vegetación (perfil derecho).

3.4. Red vial de segundo orden - Vías colectoras

3.4.1. Objetivos de las vías colectoras

- Asegurar los desplazamientos de vehículos motorizados entre barrios adyacentes.
- Ofrecer un equilibrio entre la circulación y las actividades locales (zonas comerciales, escuelas, terrazas de restaurantes, etc.).
- Permitir desplazamientos peatonales seguros y cómodos.
- Ofrecer a los pasajeros buenas condiciones de transporte público.
- Ser vías principales de la red ciclista.
- Establecer una velocidad 40 km/h que es la proyectada sobre estas vías.



Foto: Madrid - España

3.4.2. Principales características técnicas

- Los diferentes modos de transporte pueden ser separados o en función de las condiciones locales.
- El ancho de calzada no debe ser muy amplio para limitar el riesgo de accidentes y obligar a los conductores a mantener la velocidad límite de 40 km/h.
- Las franjas ciclistas deben estar físicamente separadas de la calzada, con tachones, por ejemplo. En ausencia de control del estacionamiento, el respeto de las franjas ciclistas es un reto.

Peatones

- Las aceras deben ser amplias, en relación con las actividades existentes (comercio, escuelas, etc.).
- Si las aceras son amplias y están separadas de la calzada, se favorece la caminata y el paseo.
- Los cruces peatonales se señalizan con semáforo o refugio peatonal y, en algunos casos, sólo con pasos peatonales.
- Las rutas peatonales hacia las paradas de transporte público tienen que ser habilitadas con cuidado.

Ciclistas

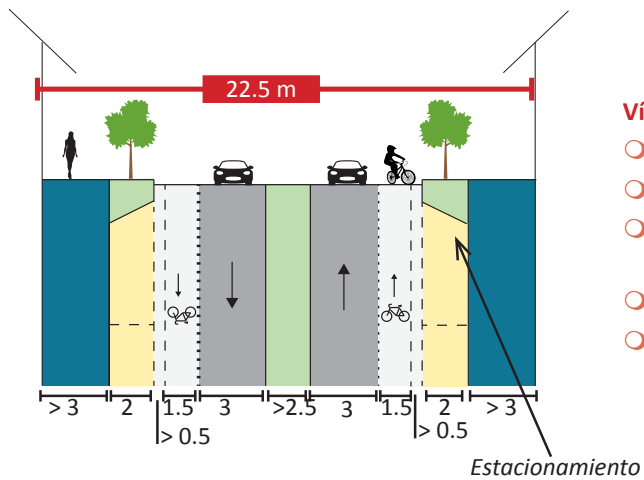
Para mejorar la visibilidad de los ciclistas y reducir los accidentes, se deben realizar pistas/franjas ciclistas contiguas a la circulación.

Transporte público

El transporte público debe ser priorizado en estas vías. Las paradas deben ser construidas cada 300 - 500 m. Si se necesita mejorar la velocidad de los buses se pueden establecer tramos de carriles exclusivos.

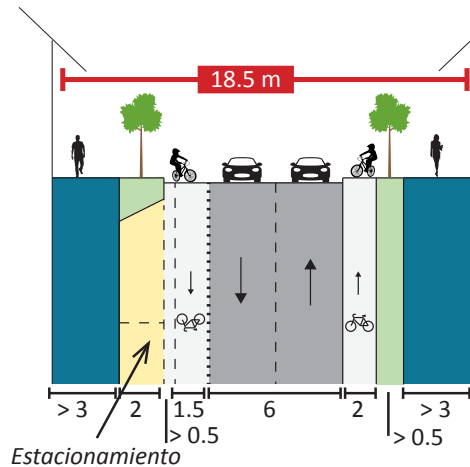
Estacionamiento

El estacionamiento debe estar disponible y claramente delimitado. También se debe contar con estacionamiento para moto, bicicleta y reparto de mercancías.



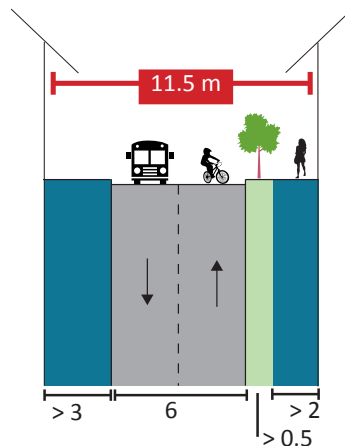
Vía 2 x 1 - con ciclovías y estacionamiento

- Calzada de 3 m que permite fluidez del tráfico, pero evitando velocidades excesivas.
- Aceras anchas y protegidas del tráfico gracias a la pista ciclista y al carril de vegetación/estacionamiento.
- **Franja ciclista** separada de la calzada por tachones. La franja ciclista está separada del estacionamiento por una banda de 50 cm, permitiendo la apertura de las puertas de los automóviles.
- Separación central de los dos carriles que permite el giro a la izquierda en las intersecciones.
- Carril de estacionamiento longitudinal. Cada 5 plazas se ubica una oreja con vegetación y/o mobiliario urbano.



Vía 2 x 1 - con ciclovías

- Calzada de 6 m que permite fluidez del tráfico, pero evitando velocidades excesivas.
- Aceras anchas y protegidas del tráfico gracias a la pista ciclista y al carril de vegetación/estacionamiento (lado izquierdo).
- Dos distintas infraestructuras para ciclistas: franja separada de la calzada por tachones (lado derecho) y pista ciclista al nivel de la acera (lado izquierdo).
- Carril de estacionamiento longitudinal a la izquierda. Cada 5 plazas se ubica una oreja con vegetación.



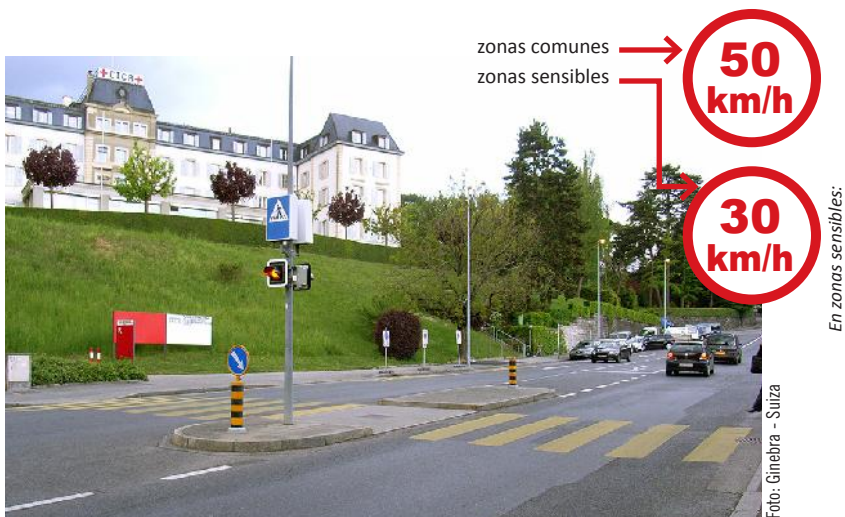
Vía 2 x 1

- Calzada de 6 m que permite fluidez del tráfico, pero evitando velocidades excesivas.
- Aceras anchas y protegidas del tráfico por una franja de vegetación/estacionamiento (lado derecho).
- Los ciclistas comparten la calzada con la circulación normal.

3.5. Red vial de primer orden - Vías principales

3.5.1. Objetivos de las vías principales

- Asegurar los desplazamientos de vehículos motorizados, principalmente privados, en la ciudad.
- Permitir desplazamientos peatonales y ciclistas seguros, particularmente en los cruces e intersecciones.
- Convertirse en las vías de mayor uso del transporte pesado de personas y mercancías.
- Limitar el efecto barrera (efecto de corte entre barrios debido a una vía rápida o amplia).
- Motivar a los conductores a usar este tipo de vías y no las de rango inferior.
- Establecer una velocidad 50 km/h que es la proyectada sobre estas vías. En algunas zonas con muchos negocios e intensas actividades (por ejemplo, El Prado en La Paz) la velocidad tiene que ser más baja: entre 30 y 40 km/h.



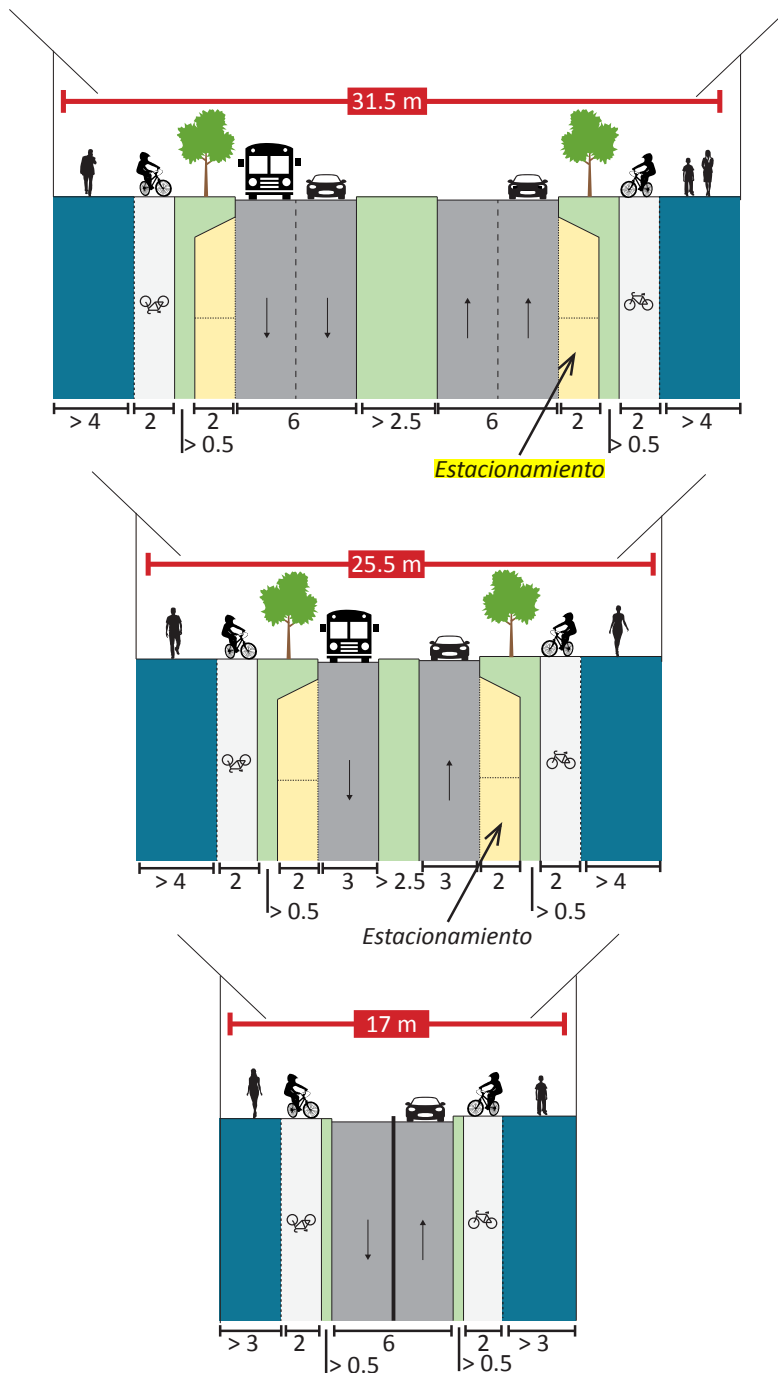
Ejemplo de vía principal con refugio peatonal seguro y carril exclusivo para el giro a la izquierda.

3.5.2. Principales características técnicas

- Los diferentes modos de transporte deben ser separados.
- En las vías principales para mantener fluidez del tránsito deben diseñarse el mínimo de intersecciones.
- El ancho de calzada no debe ser muy amplio para limitar el riesgo de accidente y obligar a los conductores a mantener la velocidad de 50 km/h.
- Con un buen diseño no debería ser necesario implementar reductores de velocidad (rompemuelles y otros).
- Generalmente, es necesario prever un carril exclusivo para el giro a la izquierda.

Peatones	Las aceras deben ser amplias y alejadas de la calzada Los cruces se realizan con semáforos, refugios peatonales y, en último caso, con pasarelas.
Ciclistas	Por las altas velocidades, los ciclistas deben ser separados de la circulación (pista ciclista)
Transporte público	Estas vías no son ejes principales de transporte público. Si el transporte público circula en vías principales, el número de paradas debe ser reducido y con bahía.
Estacionamiento	Por razones de seguridad, en este tipo de vías, el estacionamiento debe ser limitado.

Diseñar las vías principales de 2 x 2 con exceso de capacidad no debe ser generalizado. En la mayoría de los casos, los flujos de tráfico no son tan importantes como para justificar la existencia 4 carriles. Sobre-dimensionar estas vías puede ocasionar más accidentes, estacionamiento indebido, largos cruces de peatones, etc.



Vía 2 x 2 - con estacionamiento y pista ciclista

- Calzada de 6 m que permite fluidez del tráfico, pero sin exceder la velocidad planificada.
- Aceras anchas y protegidas del tráfico gracias a la pista ciclista y al carril de vegetación/estacionamiento.
- Pista ciclista protegida del tráfico por el carril de estacionamiento/vegetación.
- Jardinera central con separación de los dos carriles que permite el giro a la izquierda en las intersecciones.
- Carril de estacionamiento longitudinal. Cada 5 plazas se ubica una oreja con vegetación.

Vía 2 x 1 - con estacionamiento y pista ciclista

- Calzada de 3 m que permite fluidez del tráfico, pero sin exceder la velocidad planificada.
- Aceras anchas y protegidas del tráfico gracias a la pista ciclista y al carril de vegetación/estacionamiento.
- Pista ciclista protegida del tráfico por el carril de estacionamiento/vegetación.
- Jardinera central con separación de los dos carriles que permite el giro a la izquierda en las intersecciones.
- Carril de estacionamiento longitudinal. Cada 5 plazas se ubica una oreja con vegetación.
- Concebir el perfil transversal de las vías es el primer paso para el diseño de un proyecto vial.

Vía 2 x 1 - con pista ciclista

- Calzada de 3 m que permite fluidez del tráfico, pero sin exceder la velocidad planificada.
- Aceras regulares pero protegidas del tráfico gracias a la pista ciclista.
- Pista ciclista protegida del tráfico por una pequeña separación vegetal.
- Separación física entre los dos carriles y refugio peatonal de protección.

3.6. Ejes de transporte público - carril exclusivo

3.6.1. Objetivos de los ejes de transporte público

- Asegurar el rápido desplazamiento del transporte público.
- Asegurar un cómodo desplazamiento para los peatones y pasajeros.
- Ofrecer una buena calidad de vida local (comercios, escuela, patrimonio, etc.).
- Limitar el efecto barrera que consiste en el corte entre barrios debido a la existencia de una vía rápida o amplia.
- Permitir el desplazamiento seguro de los ciclistas.
- Establecer una velocidad 40 km/h sobre la circulación general que es la proyectada sobre estas vías.



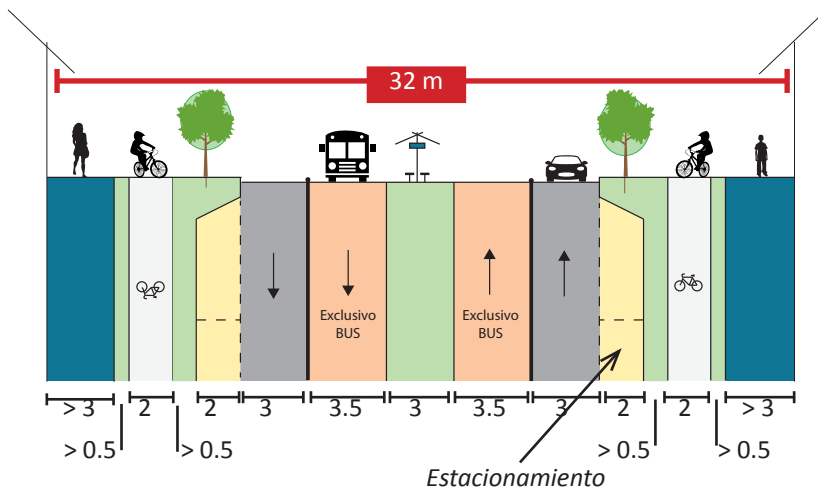
Foto: Cali - Colombia

3.6.2. Principales características técnicas

- Estos ejes ofrecen al transporte público una vía propia, ya sea en la parte lateral (al borde de la calzada) o en el centro de la vía.
- Se debe tomar en cuenta el espacio necesario de las paradas (en el centro de la vía o en las aceras).
- El transporte público tiene absoluta prioridad en las intersecciones.

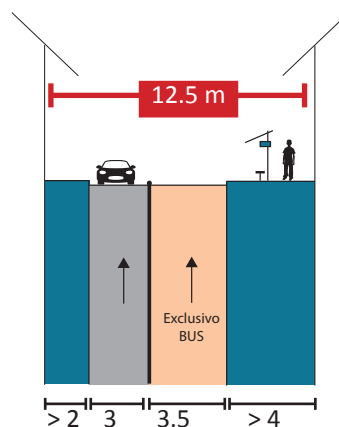
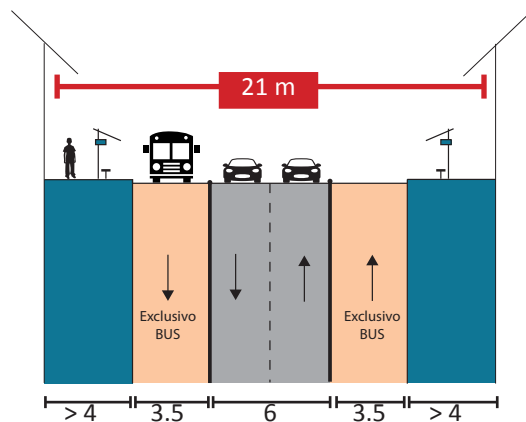
Peatones	○ Los peatones deben disponer de aceras cómodas, con posibilidades de ampliación según las actividades (comercios, escuelas, etc.). Los cruces se hacen con semáforos o refugios. ○ Las rutas peatonales hacia las paradas de transporte público tienen que ser habilitados con cuidado.
Ciclistas	○ Las rutas para ciclistas pueden ser combinadas con las de automóviles o separadas según las condiciones locales y el espacio disponible. ○ Se necesita prever estacionamiento para bicicletas en las grandes paradas del transporte público.
Transporte público	○ El transporte público tiene carriles exclusivos al centro o borde de la calzada.
Estacionamiento	○ El estacionamiento debe estar disponible y claramente delimitado. Se debe también contar con estacionamiento para moto, bicicletas y reparto de mercancías. ○ Si el carril de transporte público es lateral, no se puede implementar estacionamiento.

Concebir el perfil transversal de las vías es el primer paso para el diseño de un proyecto vial.



Carril exclusivo central para el transporte público

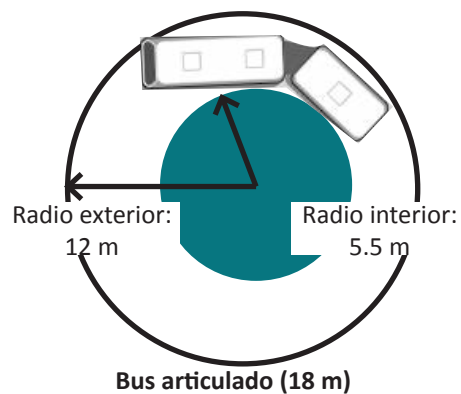
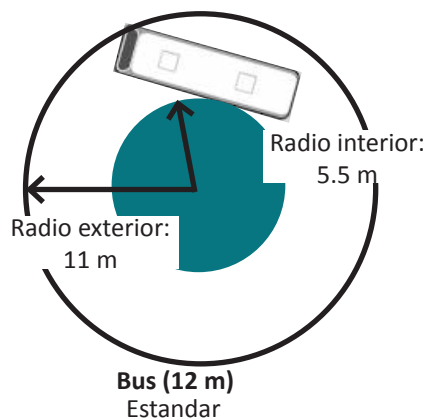
- Carriles de transporte público al centro de la calzada, con un espacio de 2 a 3 m. para poner las paradas. Las vías exclusivas están separadas físicamente de la circulación general.
- Buses con puerta izquierda o en ambos lados.
- Carril de circulación reducido para limitar la velocidad.
- Estacionamiento longitudinal con vegetación.
- Pista ciclista.
- Amplias aceras (3 m. mínimo).



Carril exclusivo lateral para el transporte público

- Carriles de transporte público al borde de la calzada. Las vías exclusivas son separadas físicamente de las de circulación general.
- Buses con puerta derecha o en ambos lados.
- Carril de circulación reducido para limitar la velocidad.
- Aceras amplias para permitir la inserción de paradas.

“La elección del carril exclusivo lateral o central para el transporte público depende de las características de la ciudad, y del tipo de vías entre otros factores.”



Radio de giro mínimo

Los radios de giro para buses que tienen 12 m. de largo y buses articulados que tienen 18 m. de largo son: al interior, 5,5 m y, al exterior, 11 ó 12 m.

4. Intersecciones



Plaza Garita de Lima en La Paz.

4.1. Principios de diseño de intersecciones

Las intersecciones son los elementos más complejos de la red vial, donde la repartición del espacio es muy delicada por la multiplicación de los conflictos. Allí, se mezclan objetivos de tránsito, de seguridad, de comodidad para los peatones y, en muchos casos, de valorización del patrimonio o de preservación de la vida local. Este es el caso de numerosas plazas en todo el país, que sirven tanto para distribuir el tráfico como para simbolizar el corazón de ciudad. Por ejemplo, el Estadio Hernando Siles en La Paz, la Rotonda del Casco Minero en Oruro, la Plazuela San Juanillo en Sucre, el Cristo Redentor en Santa Cruz.

Diseñar intersecciones exige entonces, un estudio detallado del lugar, de los flujos de tráfico, de los diferentes usuarios y también una definición clara de los objetivos. Generalmente, se trata de elegir entre cuatro tipos de intersecciones: el cruce con prioridad, la intersección regulada con semáforos, la rotonda o el cruce con paso a desnivel.

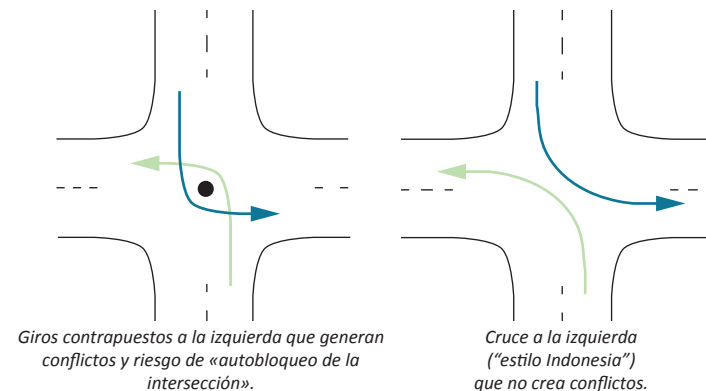
Cada tipo de infraestructura tiene sus ventajas y desventajas, pero para definirla se deben seguir tres principios básicos de diseño:

- Determinar claramente quien tiene la prioridad de circulación.
- Ofrecer visibilidad máxima a todos los usuarios de vías.
- Diseñar una intersección con la menor expansión espacial posible.

Principios generales

- Los cruces a la izquierda son los flujos consumidores de mayor capacidad. Por esto se trata de diseñar “cruces estilo Indonesia” donde los 2 giros a la izquierda pueden cruzar sin conflicto.
- Para evitar conflictos en la intersección, se deben tener tantos o más carriles de salida que carriles de entrada.
- Con más de cuatro entradas, las intersecciones se vuelven complicadas de gestionar.

4.1.1. Giros con y sin conflictos



Las intersecciones son los puntos claves de la red vial, pues determinan su capacidad. Es además el lugar donde ocurren muchos accidentes de tránsito.

4.1.2. Comparación entre las diferentes intersecciones



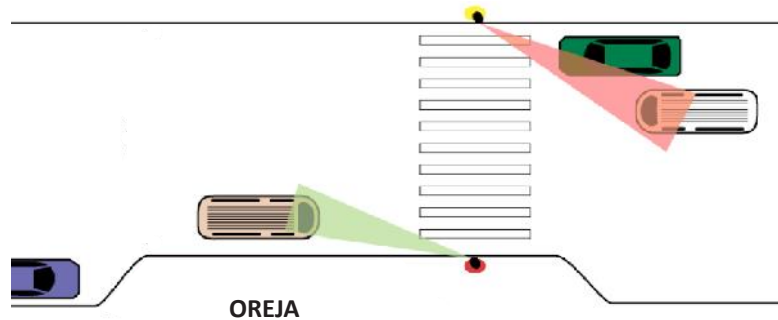
Cruce a prioridad	Mini rotonda	Cruce con semáforos	Rotonda
Solución básica cuando los conflictos no son muy importantes.	Solución para vías vecinales con poco tráfico.	Solución óptima en zonas urbanas densas entre ejes principales o colectores.	Solución para las zonas menos densas, entre ejes principales.
Al tener prioridad, los vehículos no reducen su velocidad.	Cuando el diseño está bien elaborado, obliga a todos los usuarios a disminuir la velocidad.	Al disponer de luz verde, los vehículos no reducen su velocidad.	Cuando el diseño está bien elaborado, obliga a todos los usuarios a disminuir la velocidad y limita los lugares de conflicto.
Se integran bien en poco espacio.	Se integran bien en poco espacio.	Se integran bien en el medio urbano.	Ocupan bastante espacio.
Favorecen a peatones y ciclistas.	Favorecen a peatones y ciclistas.	Favorecen a peatones (si existe una fase sin conflictos entre vehículos y peatones) y ciclistas.	Tanto peatones como ciclistas sufren de incomodidad por la importancia espacial de la infraestructura (efecto barrera).
Permiten aplicar la jerarquía entre vías; por ejemplo, priorizando el eje de transporte público.	No permiten priorizar un flujo determinado.	Permiten aplicar la jerarquía entre vías; por ejemplo, priorizando el eje de transporte público.	No favorecen un flujo determinado.
		Permiten implementar una "ola verde" o un control de acceso a la ciudad.	Permiten cruces con más de cuatro entradas.
		Necesitan un estudio de calibración detallado y mantenimiento continuo.	Permiten desarrollar aspectos arquitectónicos.
A implementar en cruces entre : 1er/3er orden 2o/3er orden 3er/3er orden	A implementar en cruces entre : 3er/3er orden	A implementar en cruces entre: 1er/1er orden 1er/2o orden 2o/2o orden	A implementar en cruces entre : 1er/1er orden 1er/2o orden 2o/2o orden
Para intersecciones con menos de 1.200 vehículos por hora (total de los flujos entrantes).	Para intersecciones con menos de 1.500 vehículos por hora (total de los flujos entrantes).	La capacidad está en función del número de carriles.	Para intersecciones con menos de 2.500 vehículos por hora (total de los flujos entrantes).

Fuente: «Carrefours urbains».

4.1.3. Características de las intersecciones

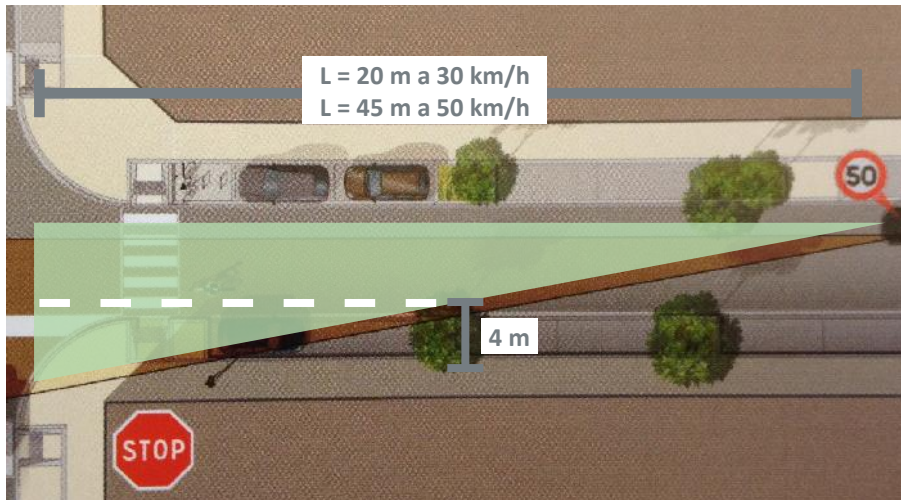
a) Orejas

La oreja es la herramienta básica para mejorar la visibilidad en intersecciones y cruces peatonales, suprimiendo el estacionamiento unos metros antes del cruce.



b) Triángulo de visibilidad

Con los triángulos de visibilidad, se trata de reservar un área libre de obstáculos, garantizando la visibilidad recíproca de los usuarios. El largo de los triángulos se incrementa con la velocidad de los vehículos.



c) Visibilidad en el cruce

La falta de visibilidad es uno de los mayores factores de accidentes entre vehículos y peatones o vehículos de dos ruedas. **Para limitar los accidentes, se busca que los peatones tengan buena visión de la calzada y que los conductores puedan ver fácilmente a los otros vehículos**, así como a los peatones. En zonas urbanas, numerosos obstáculos impiden la visibilidad en las intersecciones, como estacionamientos, comerciantes, árboles, publicidad, mobiliario, etc.

Para tener una visibilidad óptima, las reglas son:

- Las necesidades de visibilidad dependen de la velocidad de los vehículos, pues a **mayor velocidad se requiere mayor visibilidad**,
- La intersección debería estar libre de obstáculos visuales verticales, entre 0,6 m y 2,3 m. de altura,
- Un conductor debería ver a un peatón que quiere cruzar el paso peatonal, unos 25 m. antes del cruce.

Una de las primeras medidas para mejorar la visibilidad es desplazar a los comerciantes, árboles y publicidad estática de las esquinas. En segundo lugar, se debe suprimir el estacionamiento entre 3 y 10 metros antes de la intersección. Por eso, es necesario construir "orejas" o ampliar las aceras. Esta infraestructura permite mejorar tanto la visibilidad del peatón, como la de los conductores.

Si la visibilidad en la intersección no está garantizada, se debe reducir la velocidad de los vehículos

d) Legibilidad del espacio

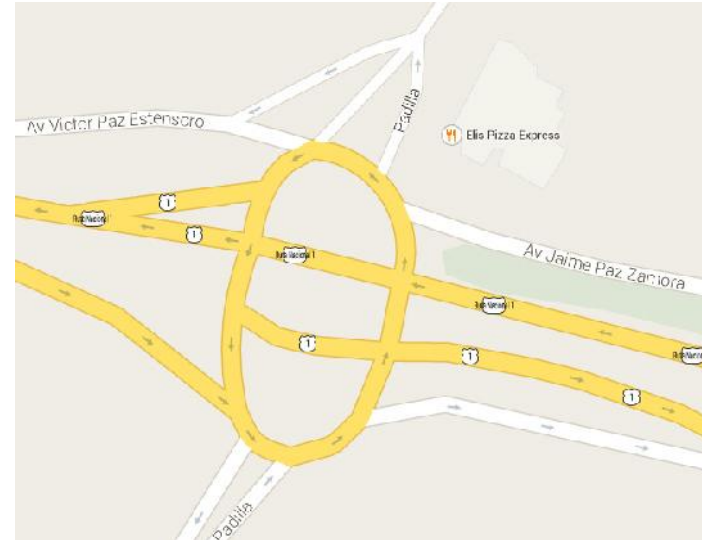
Para evitar accidentes y mejorar la capacidad de las vías, la señalización de una intersección debe ser fácilmente comprensible para los usuarios, tanto conductores como peatones. Por eso, se trata de respetar dos principios:

1. La intersección debe ser identificada rápidamente para que los conductores puedan modificar su comportamiento, ya sea disminuyendo la velocidad, prestando mayor atención a otros usuarios, etc.
2. El funcionamiento del cruce debe guiar a los usuarios hacia donde tienen o quieren ir.

Para simplificar las intersecciones, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Usar las señalizaciones de intersecciones más conocidas posibles, tomando en cuenta las condiciones locales.
- Indicar claramente a los conductores quién tiene la prioridad en la intersección.
- Diseñar la intersección con el menor ancho posible y guiar a los usuarios con isletas u otros recursos.
- Reducir el número de conflictos; por ejemplo, transformar una calle entrante en una salida o prohibir los giros a la izquierda.
- Alumbrar adecuadamente la intersección.
- Señalizar, tanto las direcciones a seguir como las vías por donde circular.
- Cambiar el aspecto urbano de la infraestructura con otro mobiliario, otro perfil transversal, con presencia de una estatua, etc. para así mejorar su identificación por parte de los usuarios.

Para evitar accidentes y mejorar la capacidad de las vías, la señalización de una intersección debe ser fácilmente comprensible para los usuarios.



Ejemplo de una intersección incomprensible para los visitantes ocasionales, ubicada en el eje principal de Tarija.



Foto: Amsterdam - Países Bajos.

Fuente: «Aménager la voirie : 10 principes essentiels pour la sécurité».

e) Reducción del espacio dedicado al tránsito

Un idea muy popular señala que: “mientras más grandes son las intersecciones, mejor sera su funcionamiento”. Sin embargo, contar con cruces sobredimensionados ocasiona los siguientes problemas:

- El número de accidentes se incrementa porque los lugares de conflicto son mayores.
- Las velocidades de los vehículos motorizados aumentan.
- El caos empeora, pues los vehículos del transporte público se detienen en la intersección, los vehículos particulares se estacionan, etc.
- Los peatones carecen de espacio y los cruces peatonales se vuelven más largos.
- El espacio se vuelve menos comprensible y los usuarios no son dirigidos hacia los carriles de salida.

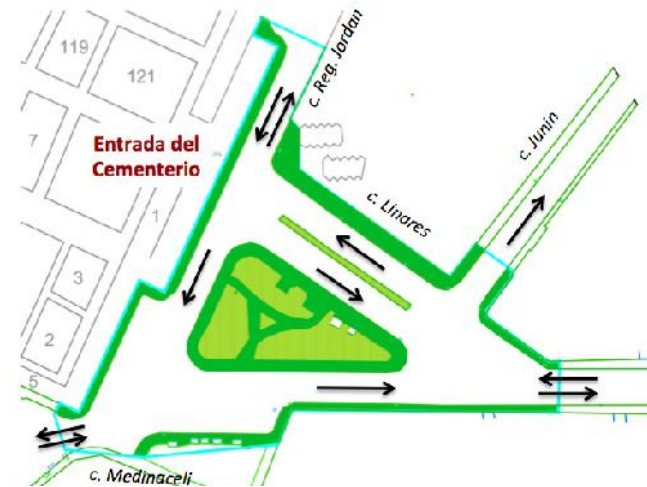
Para reducir la amplitud de las intersecciones, se necesita diseñar cruces más perpendiculares, reducir el ancho de los carriles, así como los radios de giro, además de construir infraestructuras de hormigón para los peatones (orejas, refugios, etc.). **Para garantizar un giro a 15 km/h, los radios de giro en zonas urbanas, tienen que oscilar entre 4 y 6 m.**

Recalificar el espacio permite atribuir más espacio a los peatones, delimitar claramente los espacios de estacionamiento y revalorizar el patrimonio.



Foto: Ginebra - Suiza.
En esta intersección que es muy amplia, gran parte del espacio de calzada ha sido transformado en terraza de restaurante.

Situación actual



Situación con rediseño



Ejemplo de rediseño de la Plaza Mejía (acceso al cementerio de Sucre, en verde: los espacios peatonales (aceras, calle peatonal, espacios verdes, refugios, etc.).

Tanto en las intersecciones como en las vías se trata de convertir todo el espacio no utilizado en espacio peatonal.

Fuente: Planos, Municipio de Sucre.

4.1.4. Medidas para mejorar la seguridad en las intersecciones

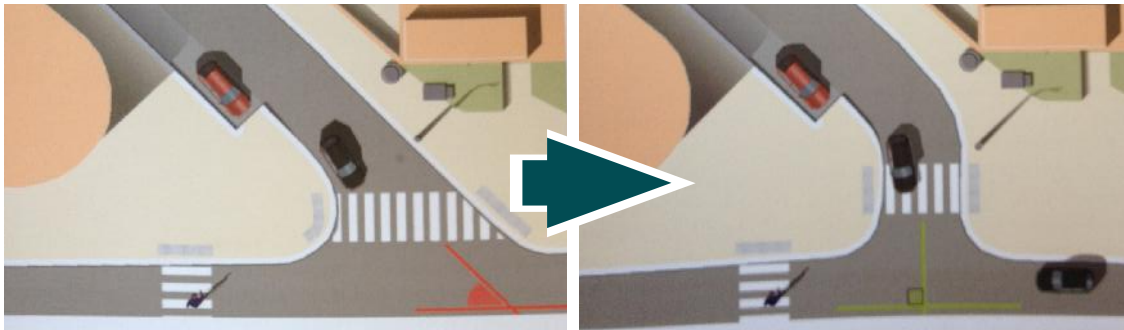
a) Moderar la velocidad

Así como en las vías, reducir la velocidad en las intersecciones permite mejorar la seguridad, sin afectar de forma negativa a la capacidad de la misma.

Con menor velocidad, los conductores prestan más atención a los demás usuarios de las vías y tienen mayor probabilidad de frenar antes de colisionar con un peatón o un vehículo.

¿Qué hacer?

Primero se trata de reducir el espacio dedicado a la calzada: ampliando las aceras, reduciendo los radios de giro, construyendo “orejas”. En un segundo lugar, se puede implementar reductores de velocidad como pasos peatonales elevados o sobre-elevar toda la intersección.



c) Reducir el largo de los cruces peatonales

Mientras más tiempo lleva un peatón sobre la calzada, más riesgo de atropellamiento existe. Reducir el largo de los pasos peatonales es entonces una manera eficaz de reducir el riesgo de accidentes.

¿Qué hacer?

Dos herramientas permiten reducir el largo de los cruces peatonales: las orejas que reducen el cruce de los peatones de 2 m al nivel de las aceras; y el refugio peatonal que permite cortar en dos el cruce. También se trata de construir pasos peatonales lo más perpendiculares posibles, de reducir el ancho de las calzadas y los radios de giro.



Foto : Bogotá - Colombia.

b) Privilegiar los cruces con ángulo recto

Las intersecciones en forma de “Y” y no de “T” ponen en riesgo a los usuarios porque:

- Incitan a conducir a mayor velocidad en las curvas (ángulos agudos).
- Ofrecen mala visibilidad (ángulos obtusos).
- Pueden producir accidentes de colisión frontal.
- Prolongan los cruces peatonales.

¿Qué hacer?

La medida más eficaz consiste en cambiar el trazado de las vías a ángulos rectos o, si no se puede, implementar una mini rotonda.



Foto : Puno - Perú.

Fuente: «Aménager la voirie: 10 principes essentiels pour la sécurité»

4.2. Intersecciones con prioridad

Las intersecciones más sencillas se gestionan con señalización vertical y horizontal. Son las intersecciones donde la prioridad está indicada con la señal «PARE» o «CEDA EL PASO».

Este tipo de señalizaciones se puede usar en cruces entre 2 calles vecinales o entre una calle vecinal y una calle de rango superior (colectora o principal).

La visibilidad de un vehículo detenido en “PARE”, debe ser de 45 m si los autos llegan a 50 km/h o de 20 m si estos llegan a 30 km/h.



Foto: La Paz.

4.2.1. Principios de diseño

a) Indicar claramente la prioridad

- Implementar señalización horizontal y vertical visible (PARE).
- Instalar un rompemuelle o una línea con ojos de gato para reforzar la señalización y parar el flujo vehicular que no tiene prioridad.

b) Maximizar la visibilidad y la seguridad

- La intersección tiene que ser lo más compacta posible.
- El estacionamiento termina unos 5 m antes de la intersección debido a la construcción de orejas.
- Es necesario prever una buena iluminación en la intersección.
- En caso de ser necesario, se pueden separar los carriles de circulación con refugios peatonales para limitar el riesgo de accidentes.
- Pueden ser implementadas medidas de reducción de la velocidad (pasos peatonales elevados, intersección elevada, etc.).



c) Optimizar el funcionamiento

Si los flujos así lo requieren, puede ser implementado un carril de giro a la izquierda.



Foto: Lima - Perú.

En esta foto se muestra cómo mejorar el respeto a la señalización con una buena infraestructura.

4.2.2. Principio y concepción de las “orejas”

Las orejas tienen numerosos beneficios sobre la seguridad de los vehículos y peatones:

- Mejoran la visibilidad. Un peatón que quiere cruzar tiene buena visión además de ser visto por los conductores.
- Impiden el estacionamiento dentro de la intersección.
- Acortan los pasos peatonales, reduciendo el riesgo de atropello a los peatones.
- Disminuyen los radios de giro y, por tanto, las velocidades de los motorizados.
- Permiten mejorar el paisaje urbano con vegetación o mobiliario urbano.

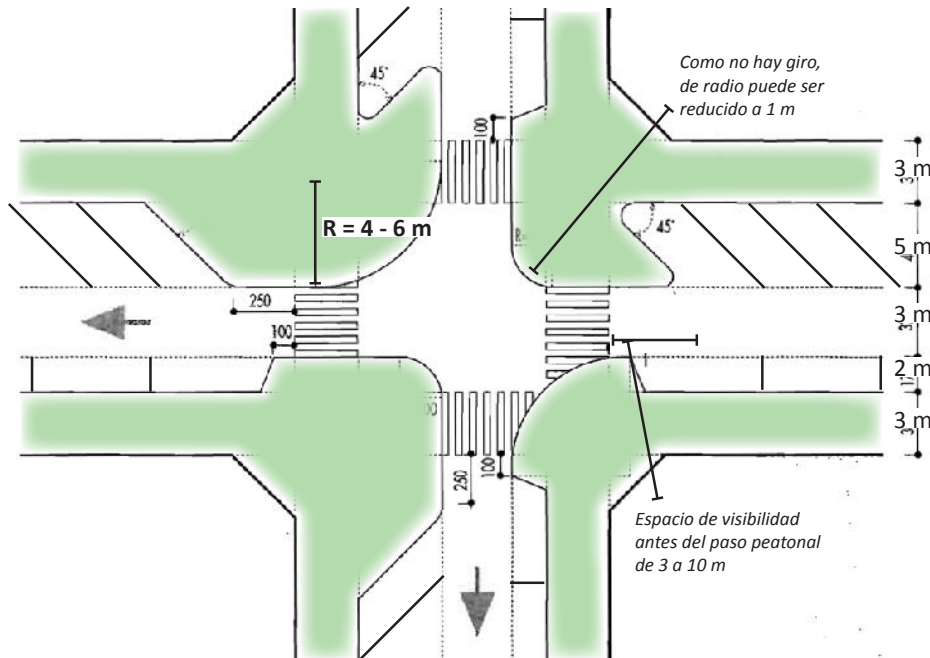
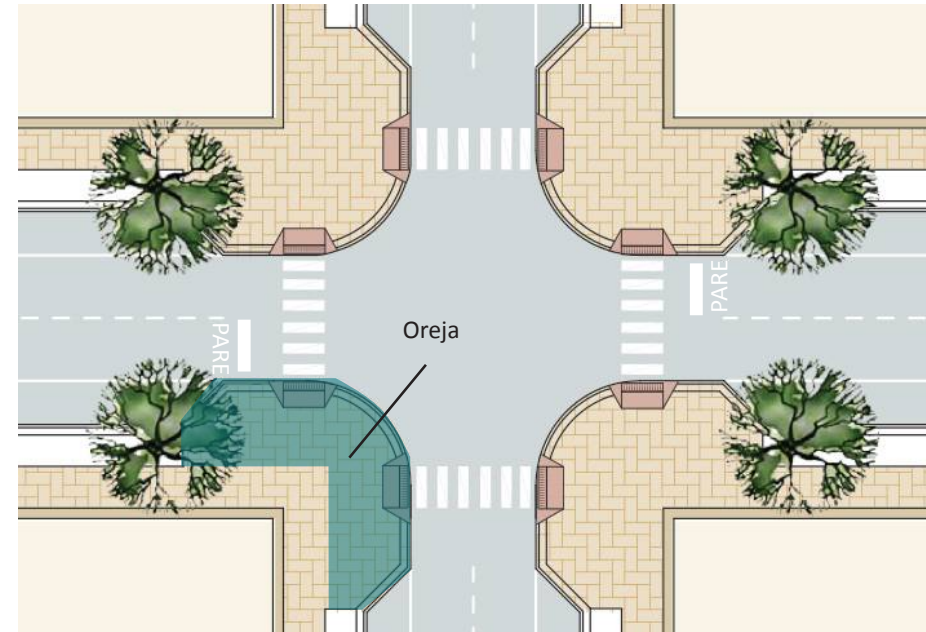


Foto: Salamanca - España.

Fuentes: “Calmar el tráfico”, “Manual de vías y espacio público, Sucre”, “Abu Dhabi urban street design manual”.

4.3. Intersecciones con semáforos

4.3.1. Calibración de los semáforos (ejemplo teórico)

Las intersecciones con semáforos permiten separar los diferentes flujos para limitar los conflictos. Se usan en las intersecciones de importancia en zonas urbana/densa. La presencia de peatones tiene que ser tomada en cuenta en la calibración del semáforo así como la presencia de ciclistas con infraestructura particular.

Un aforo de los vehículos en la intersección es indispensable antes de diseñar y calibrar el cruce.

4.3.2. Principios de diseño

a) Beneficiar a algunos usuarios o flujos

Se puede disponer infraestructura que privilegia al transporte público: carril exclusivo antes de la intersección, semáforos que dan prioridad a los buses, etc. o favorecer un flujo de tráfico particular.

b) Asegurar el paso para peatones y ciclistas

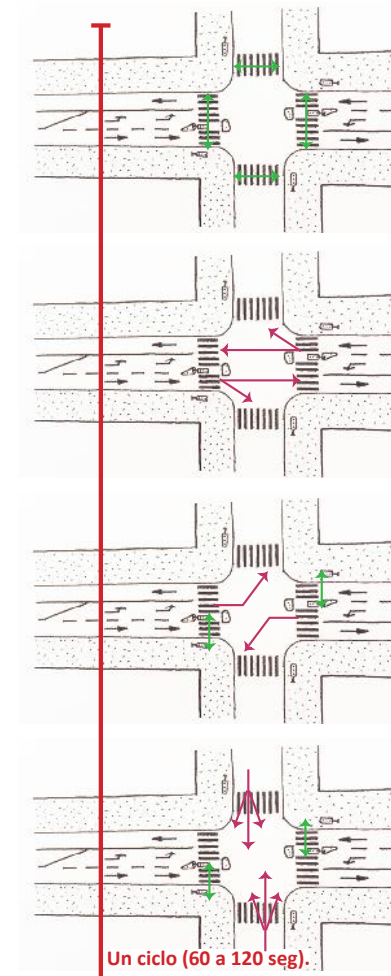
- Hay que tomar en cuenta a los peatones en la calibración de los semáforos, considerando que estos puedan pasar con el menor conflicto con los vehículos motorizados.
- Se trata de maximizar la visibilidad de los ciclistas en las intersecciones y de que los conductores no olviden que las bicicletas también podrían circular en el cruce.

c) Proponer un funcionamiento lo más simple posible

- Si es necesario, se puede cerrar una entrada a la intersección o transformarla sólo en salida.
- También se pueden prohibir los giros a la izquierda.
- Si la intersección es muy complicada se la puede dividir en 2 intersecciones coordinadas.

d) Optimizar el funcionamiento

- Los giros a la izquierda demandan una mayor capacidad de la intersección y si están mal regulados, pueden bloquear el cruce, por eso esta gestión se debe concebir con mucho cuidado.
- Cuando el cruce es compacto, es menor el conflicto en el lugar. De esta manera, se mejora tanto la seguridad como la capacidad de la intersección porque los autos pasan en menos tiempo.
- Se trata de minimizar el número de fases del semáforo, así como el largo del ciclo (entre 60 y 120 seg. según el tamaño de la ciudad y de la intersección).



Fase peatonal = 10 seg.

Fase del eje principal = 20 seg.

Fase de los giros a la izquierda
(que pasan sin conflicto = 7
seg.

Fase del eje secundario =
12 seg

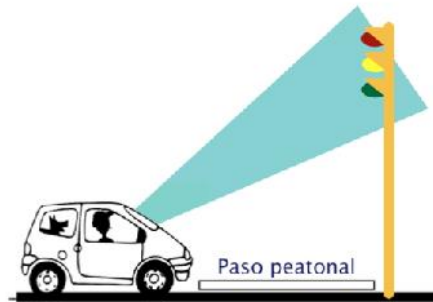
Un ciclo (60 a 120 seg).

4.3.3. Ubicación de los semáforos

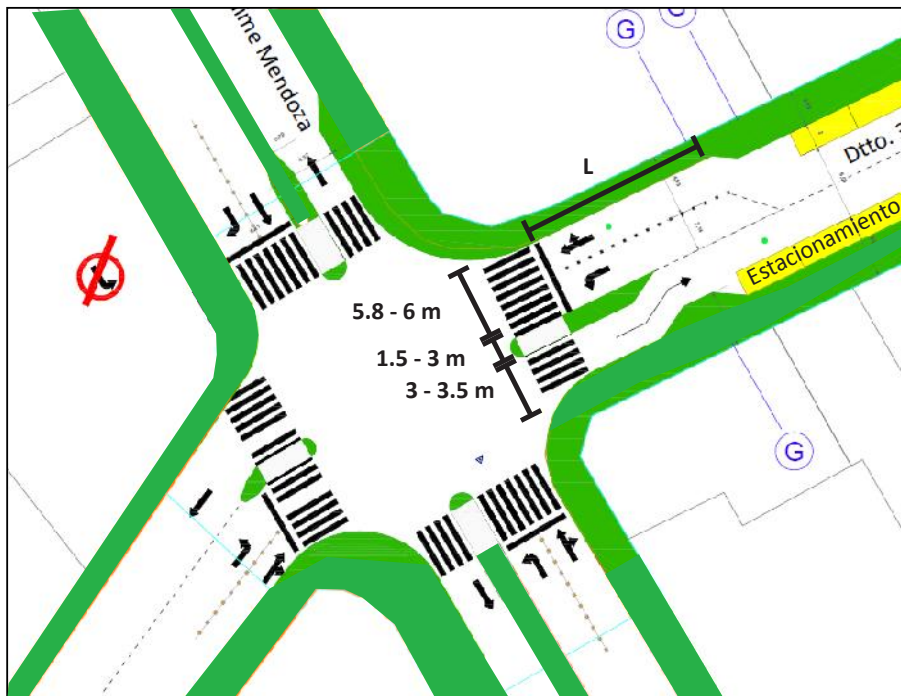
El semáforo debe colocarse de modo que los conductores tengan una visión clara de sus colores.

Por eso el semáforo debe ubicarse antes de la intersección y no después. De esta manera, se mejora también el respeto del paso peatonal.

Los peatones deben tener visibilidad sobre las luces de los semáforos.



4.3.4. Dimensiones de una intersección con semáforo



L = Largo de la fila de giro a la izquierda = número de vehículos que giran por ciclo del semáforo x 5m.

Lo que pueden hacer los semáforos inteligentes

Beneficiar al transporte público

Gracias al sistema de comunicación entre el semáforo y el bus, éste puede anunciar su llegada y el semáforo otorgarle directamente la luz verde.

Hacer respetar la jerarquía vial

Si se quiere motivar a los conductores a usar un eje mayor y no una vía para mejorar el tráfico, se puede otorgar una luz verde más larga para los vehículos hacia el eje mayor.

Crear un control de ciudad

Es necesario limitar la congestión dentro de las zonas urbanas y densas, para reubicar los mayores embotellamientos a barrios menos sensibles (zonas industriales, de poca densidad, etc.). Por eso, los semáforos de la periferia de la ciudad deben limitar el tráfico de acceso a la ciudad, dentro de la capacidad límite de la red del centro.

Ajustarse en el tiempo

Los semáforos inteligentes pueden ser calibrados y optimizados en función a la hora del día (pico de la mañana o de la tarde, noche, etc.) o de los días (normales, sábado, domingo, vacaciones). Así se adapta la oferta a la demanda y el sistema funciona de manera óptima.

Detectar flujos menores

Cuando el flujo en una intersección es muy bajo, se puede implementar un semáforo con detección; este otorgará luz verde al flujo menor únicamente cuando un vehículo necesite cruzar.

Crear «ondas verdes» u «olas verdes»

Los semáforos de un eje principal pueden ser coordinados para mejorar la capacidad de este eje, otorgando "luz verde" en cada intersección a los vehículos que siguen el eje principal. Así se otorga continuidad a todo el flujo en un tramo, reduciendo el tiempo de viaje.

4.4. Rotondas

Las rotondas permiten gestionar los flujos de circulación, limitando los conflictos y mejorando la seguridad. Para el diseño y el uso de las rotondas se deben aplicar dos principios fundamentales:

- La geometría de la infraestructura debe moderar la velocidad de los vehículos entrantes. En este sentido, los conductores deberían pasar la intersección con una velocidad máxima de 30 km/h.
- Los vehículos en el anillo tienen prioridad, no así los vehículos entrantes. Esto permite garantizar el permanente funcionamiento de la rotonda (sin autobloqueo).

Según el tamaño, las rotondas pueden ser utilizadas tanto en zonas urbanas como en zonas rurales. De manera general, se deben priorizar las rotondas de área reducida.

4.4.1. Principios de diseño de rotondas

a) Limitar la velocidad de los vehículos y garantizar la seguridad

- Una rotonda tiene que desviar los flujos de ingreso, impidiendo así que los vehículos crucen esta infraestructura a toda velocidad.
- Se debe diseñar una rotonda fácilmente identificable para los usuarios (señalización, isletas, iluminación, habilitación de la isleta central, etc.).
- Pinchar los accesos sobre el anillo de manera perpendicular permite limitar las velocidades y mejorar la visibilidad.

b) Respetar la comodidad y seguridad de los peatones

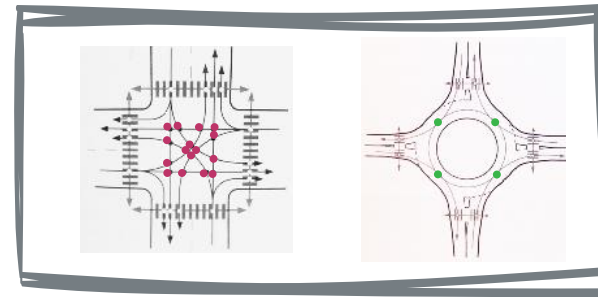
- Las dimensiones de las rotondas son generalmente muy amplias para los peatones, por lo que disminuirlas ayuda la movilidad peatonal, haciendo los trayectos más cortos.
- Los refugios en las entradas mejoran los cruces peatonales.

c) Optimizar el funcionamiento de la intersección

- Las rotondas, excepto aquellas donde transita un sistema de transporte masivo, no necesitan ser reguladas con semáforo.

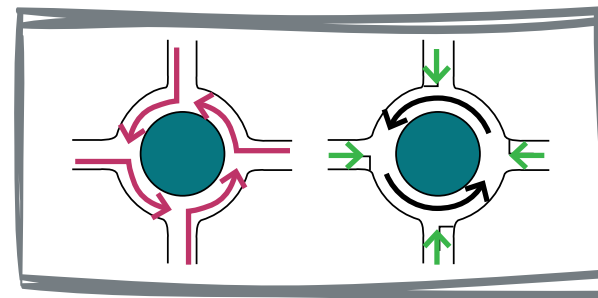
- Para permitir el buen funcionamiento de la rotonda, la prioridad debe ser para los vehículos que circulan en el anillo y no para los que entran en la intersección.
- Limitar entre 3 y 6 el número de entradas en la intersección (según el tamaño), permite mejorar el funcionamiento de la rotonda.

Puntos de conflicto



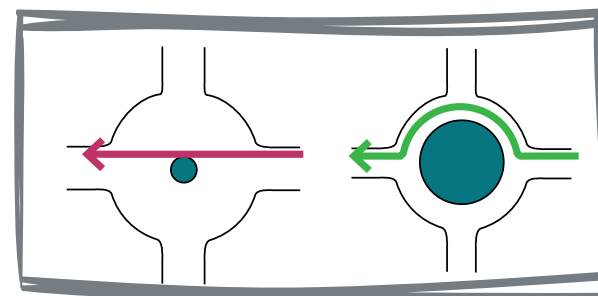
Con las rotondas, el número de puntos de conflicto en el cruce es de 4. En las intersecciones clásicas es de 16. Por eso, las rotondas bien diseñadas, mejoran la seguridad.

Prioridad en la entrada a la rotonda



Cuando la prioridad pertenece a los flujos entrantes y no al anillo, las rotondas pueden bloquearse rápidamente. Una rotonda donde la prioridad pertenece al anillo, nunca se bloquea.

Reducción de la velocidad en la rotonda



Los vehículos que ingresan en una rotonda deben cambiar su trayectoria, para reducir su velocidad y garantizar la seguridad.

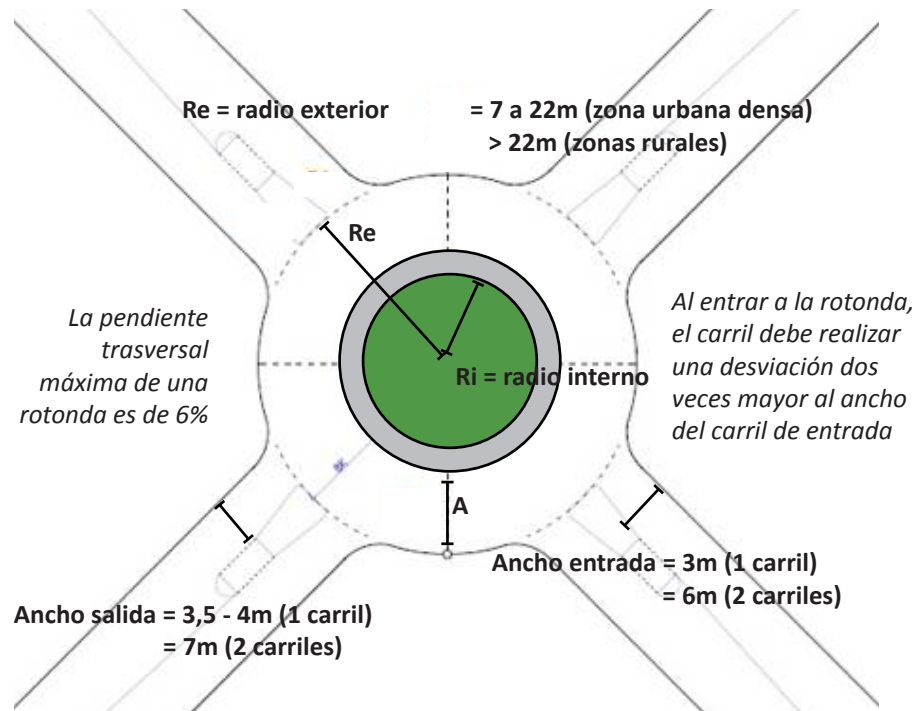
4.4.2. Franjas superables

Para permitir el giro de todo tipo de vehículos (camiones, buses masivos, etc.), las rotondas necesitarán un anillo muy amplio o un diámetro exterior muy grande. Para evitar subdimensionar las rotondas, se puede dividir el anillo en dos partes:

1. El anillo de circulación cuyas dimensiones (ancho y diámetro) están definidas para vehículos livianos. El revestimiento es de asfalto.
2. Una franja de rebase (aquella que puede superarse si fuera necesario), alrededor de la isleta central, que permite pasar a los vehículos pesados. El revestimiento es de adoquín o pintura y está construido ligeramente por encima del asfalto.

Usando una franja de rebase se puede mejorar la estética de la rotonda, limitar el ancho de asfalto, obligar a los vehículos livianos a desviar su trayectoria y permitir el paso a los vehículos más grandes.

4.4.3. Dimensiones de las rotondas



Isleta central
Franja de rebase
Anillo de circulación



Mini rotonda	Rotonda pequeña	Rotonda grande
Radio externo		
Re = 7 - 12m	Re = 12 - 15m	Re = 15 - 22m
Entradas y salidas		
1 carril de entrada y salida	1 carril de entrada y salida	1 - 2 carriles de entrada y salida
Isleta central		
Isleta central totalmente de rebase	Obligación de poner una franja de rebase (1,5 - 2 m de ancho)	Sin franja de rebase
Ancho del anillo		
A = 4 - 5m	A = 9 - 8m	A = 8 - 6,5m
Radio interno		
Ri = 1,5 - 2,5m	Ri > 3,5m	Ri > 3,5m
Infraestructura para peatones		
Sin refugio para los peatones	Con posibles refugios para los peatones	Con refugios obligatorios para los peatones

5. Elementos multimodales

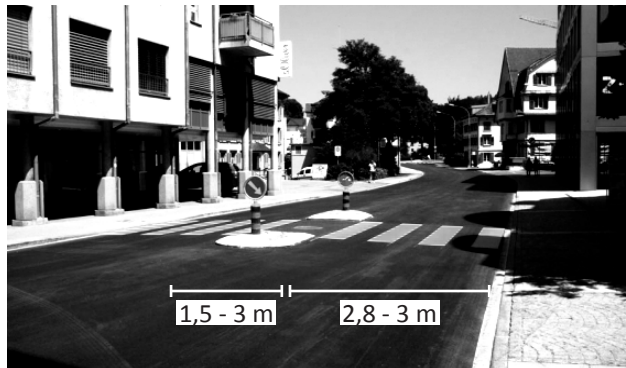
5.1. Infraestructura para peatones

5.1.1. El paso peatonal

En Bolivia, no existe respeto a los pasos peatonales por parte de los conductores. El paso peatonal debe brindar seguridad a los peatones, por lo que se trata de construir infraestructuras que mejoran la seguridad de los ciudadanos y promuevan una buena convivencia entre los modos de transporte.

Los principios a seguir son:

1. **Reducir al mínimo el largo de los pasos peatonales.** Mientras más tiempo pasan los peatones en la calzada, más peligro existe. Los pasos peatonales deben tener un largo limitado, máximo de 2 carriles o unos 6 m. Los refugios centrales y las orejas permiten acortar los pasos peatonales.

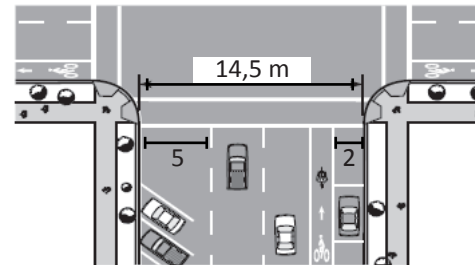


Refugio central

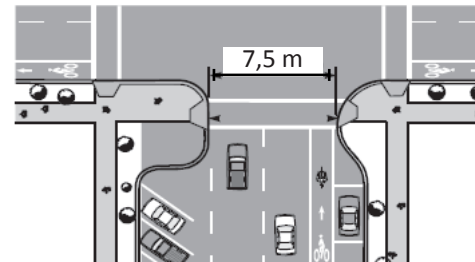
Los refugios centrales sirven para mejorar la seguridad de los pasos peatonales. Así, los peatones pueden cruzar por cada carril de forma separada. Sirven también para reducir la velocidad de los vehículos.

Si el nuevo paso peatonal no ofrece mayor seguridad que cualquier otro punto de la calzada, mejor no intervenir

Sin oreja

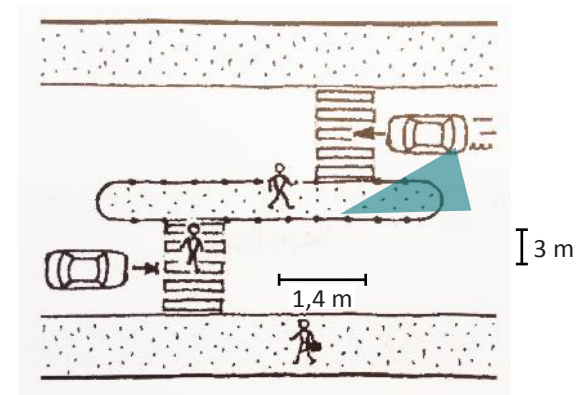


Con oreja



Orejas

Construir orejas en las esquinas permite reducir el largo de los pasos peatonales (menos de 2 m por un carril de estacionamiento longitudinal y menos de 5 m por un carril de estacionamiento a 45°).



Refugio central desplazado

Cuando la situación es más peligrosa o el número de peatones es considerable, se puede implementar un refugio central donde los pasos peatonales están desplazados. Así también se mejora la visibilidad del peatón.

2. Mejorar la visibilidad de los pasos peatonales. Es crucial que los peatones puedan ver desde el borde del paso peatonal a los vehículos en circulación, pero es también importante que los conductores puedan ver a los peatones que quieren cruzar.

Para mejorar la visibilidad se puede:

- Construir orejas.
- Eliminar todos los obstáculos visuales de las intersecciones (desde 0,6 m hasta 2,3 m).
- Instalar buena iluminación sobre los pasos peatonales.
- Señalizar los pasos peatonales con pintura termoplástica y reflectiva.

3. Reducir la velocidad de los vehículos. A 30 km/h un peatón tiene nueve veces más probabilidades de sobrevivir a un atropellamiento que si el mismo vehículo circula a 50 km/h. Reducir la velocidad de los vehículos en las intersecciones es crucial para mejorar la seguridad, aunque esta disminución no cambia la capacidad de la intersección.

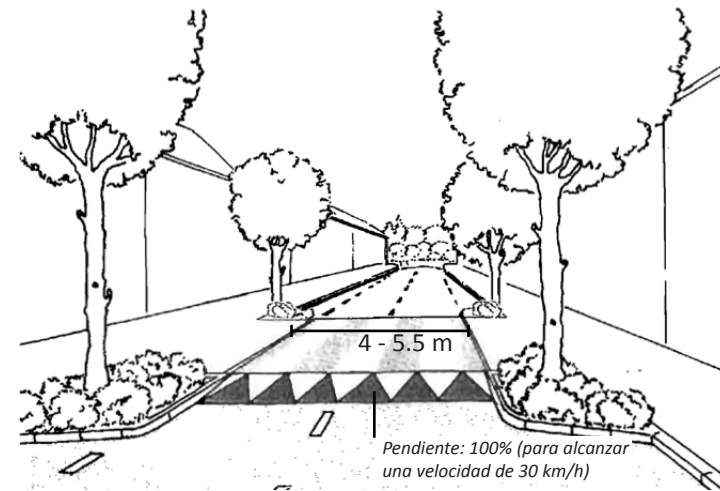


Iluminación de los pasos peatonales

En Sao Paulo, más de 700 pasos peatonales han sido iluminados con focos de 40 lux. Los accidentes de noche disminuyeron a la mitad desde su implantación.

Para limitar la velocidad de los motorizados, se trata de:

- Construir un reductor de velocidad de tipo “salto” (paso peatonal elevado, intersección elevada, rompemueller clásico, líneas de ojos de gatos, etc.) o,
- Reducir el ancho de la calzada con ojerías o refugios. Así se acorta el paso peatonal, pero también se reducen las velocidades de los vehículos.



Pasos peatonales elevados

Los pasos peatonales elevados permiten moderar la velocidad, mejorar la comodidad de los peatones pero también enseñar el respeto a los conductores.

Un conductor debería percibir a un peatón en una intersección 25 m antes del paso peatonal

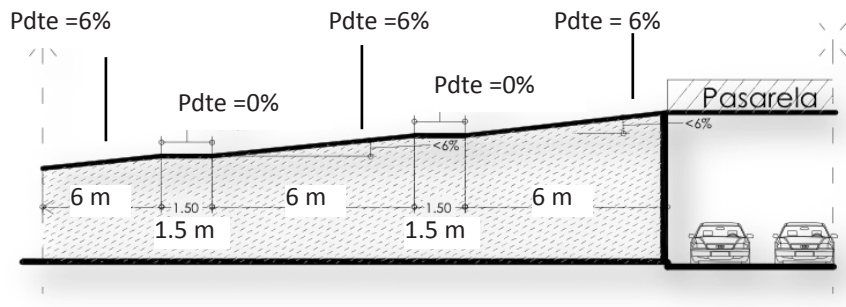
5.1.2. Pasarelas peatonales

Para ser utilizada por los peatones, una infraestructura debe ser atractiva y brindar seguridad; en efecto, los peatones necesitan infraestructuras sin desviaciones, sin subidas o bajadas pronunciadas, sin riesgo de sufrir robos, etc. Los peatones tienen una gran libertad de movimiento y numerosas malas costumbres, por lo que sólo una infraestructura de buena calidad que mejore sus desplazamientos y no genere obstáculos les motivará a utilizarla. Y caso contrario la gran mayoría de las pasarelas peatonales, no funcionan como se ha demostrado en varios lugares.

- Las pasarelas obligan a los peatones a subir y bajar a pie casi 3 pisos.
- Las personas con movilidad reducida (personas mayores, con discapacidad, con carrito de bebé, etc.) que necesitan aún más un paso seguro no pueden usar las pasarelas.

Las únicas pasarelas que funcionan son las que no imponen esfuerzo adicional a los peatones. Por ejemplo, las que juegan con diferentes alturas y donde el acceso se hace a nivel de la calle, al menos en un lado de la vía.

Dimensiones para pasarela accesible a las personas con movilidad reducida



Pasarela en la ciudad de El Alto que claramente los transeúntes desean evadir.

Foto : El Alto.



Ejemplo de una pasarela con desnivel que asegura el paso sin complicar los caminos peatonales.

Foto : Sucre.

Las pasarelas no son las mejores alternativas de solución para reducir los accidentes por atropellamiento, generalmente cuestan mucho dinero, y la inversión no se justifica por el poco uso que se hace de las mismas.

5.1.3. Dimensiones de las rampas de acceso a las aceras

Las rampas son una medida indispensable que vuelven las aceras accesibles a las sillas de ruedas y a los carritos de bebés. Para su diseño deben ser consideradas algunas normas estrictas como éstas:

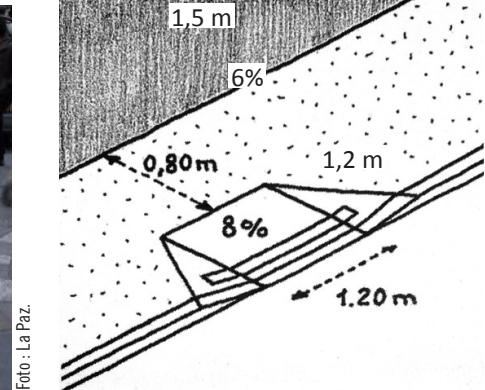
- Las rampas no pueden tener ninguna imperfección (huecos o protuberancias).
- La pendiente máxima de la rampa y de sus costados debe ser de 6%.
- Un acceso plano de 1.5 m de acceso debe estar disponible al lado de la rampa. Si no existe este espacio, es mejor bajar toda la acera.
- Si existe el riesgo de invasión de la acera por vehículos estacionados, se puede cortar el paso con bolardos.
- Se puede reservar un salto de 2 cm entre la calzada y la acera para el paso de las aguas.

5.1.4. Salidas de garaje

En las ciudades con pendientes, las salidas de garaje en las aceras son los problemas más graves, resultado de una época donde los vecinos construían las aceras a su conveniencia. Las aceras sufren de desniveles, gradas de todo tamaño, y de pendientes transversales muy elevadas. Está claro que las aceras están construidas más para el uso de los autos que para la gente.

Las pendientes transversales fuertes son un serio problema para las personas con discapacidad, pues las sillas de ruedas o algún otro tipo de impedimento, no pueden atravesar pendientes transversales.

Por eso, las pendientes transversales de las aceras no deben superar 2%.



Para ser accesible a las personas con problemas de movilidad reducida, la pendiente transversal de una acera debe ser menor a 2%



Ejemplos (malo y bueno) de salidas de garaje. Las salidas de garaje privadas deben respetar una pendiente transversal mínima inferior a 2% o dejar un espacio plano de mínimo 1,5 m.

5.2. Infraestructura para ciclistas

Los ciclistas pueden circular junto a las áreas de circulación general; sin embargo, construir infraestructuras específicas para las bicicletas permite mejorar notablemente la seguridad y la comodidad de los ciclistas, transformando este modo de transporte no contaminante en una alternativa atractiva y efectiva para los desplazamientos en las ciudades.

En las calles de barrio, donde la velocidad de los autos es baja (30 km/h), los ciclistas pueden mezclarse con los autos. En los otros casos se debe prever infraestructura específica para las bicicletas, como ser:

- Caminos reservados en las vías: **pista ciclista**, si el camino es físicamente separado de la calzada y **franja ciclista**, si el camino es accesible para los autos.
- Medidas de seguridad en las intersecciones, en particular señalización que alerte a los conductores sobre la posible presencia de ciclistas.
- Estacionamiento, pues si los ciclistas no pueden dejar su bicicleta en un lugar seguro no van a usarla.

A nivel internacional se constató que cuando existen ciclistas en las calles, el riesgo de accidentes se reduce proporcionalmente. En efecto, gran parte de los accidentes ocurren cuando los conductores olvidan la presencia de ciclistas.

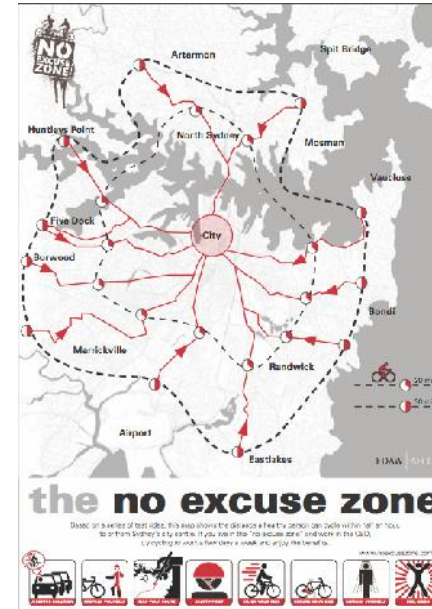
5.2.1. Estacionamiento para bicicletas

Para que funcione una red ciclista, se debe ofrecer a los ciclistas numerosos lugares de estacionamiento. Lo ideal sería alcanzar a un parqueo en cada cuadra.

Los estacionamientos pueden ser :

- Abiertos.
- Cerrados para los lugares de mayor demanda (cerca de las universidades, mercados, paradas de transporte público, etc.).

Los estacionamientos abiertos deben permitir asegurar la bicicleta por el marco y por la llanta delantera.



En Sidney, Australia, se delimitó una “zona sin excusa” accesible en 30 minutos en bicicleta. Se diseñaron 11 corredores con la mejor infraestructura ciclista posible, ofreciendo a los usuarios comodidad, estacionamientos y una excelente seguridad para llegar al centro de la ciudad. Así nadie tenía excusa para no usar su bicicleta.

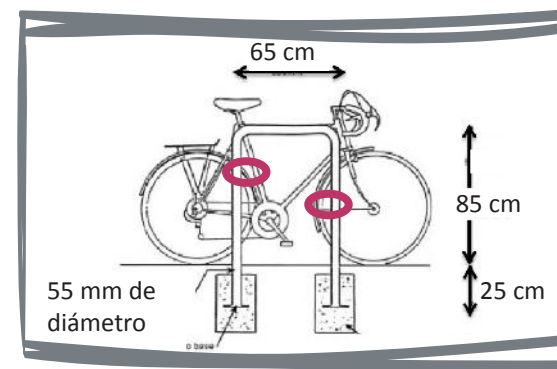


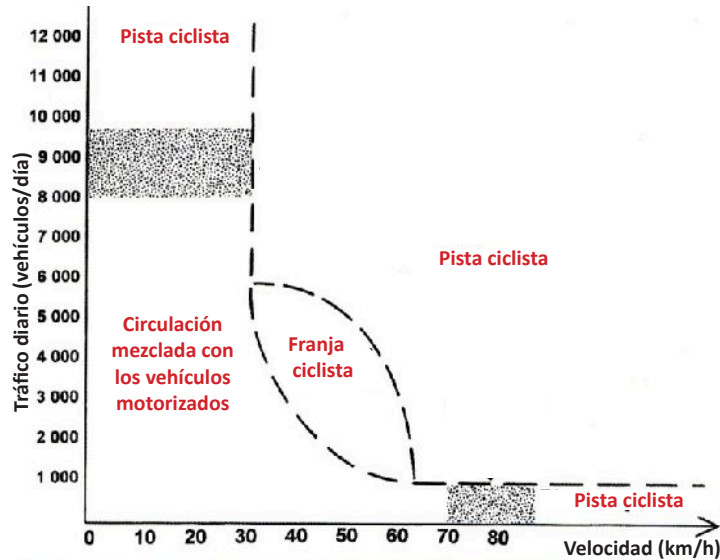
Foto: Ginebra, Suiza

5.2.2. Elección entre diferentes tipos de infraestructura para ciclistas

Sorprendentemente, circular sobre una franja ciclista es menos peligroso que sobre una pista, sobre todo, si las velocidades de los motorizados y la intensidad del tráfico no son altas.

En efecto:

- En estas franjas, los ciclistas son más cuidadosos con el tráfico.
- Los ciclistas son más visibles y, por lo tanto, los conductores son también más cuidadosos.
- La inserción de los ciclistas en las intersecciones (donde ocurren los accidentes) se hace más fácilmente.



Este gráfico permite determinar, en función de la intensidad del tráfico, el número de vehículos que circulan en vía pública en día hábil, de su velocidad, así como qué tipo de infraestructura es óptima para ciclistas.



Ancho mínimo: 1.5m	Ancho mínimo: 2.5m	Ancho mínimo: 3m
Franja ciclista	Pista ciclista unidireccional	Pista ciclista bidireccional
Infraestructura		
La franja está señalizada al mismo nivel que la calzada; sin embargo, la franja no está incluida en la calzada, pero debe considerarse	La pista está separada físicamente de la calzada (> 50 cm de franja de separación)	La pista está separada físicamente de la calzada (> 50 cm de franja de separación)
Uso		
Se usan cuando hay poco tráfico y baja velocidad	Se usan en las vías de mayor rango	Se usan en las vías de mayor rango
Ventajas		
La inserción en las intersecciones es fácil, porque el ciclista ya está sobre la calzada	La inserción de la pista en las intersecciones requiere un diseño cuidadoso	La inserción de la pista en las intersecciones es complicada, especialmente si la pista se ubica al centro de la vía
Desventajas		
El control del estacionamiento de vehículos sobre la franja es complicado	El mantenimiento y la limpieza de la pista son más complicados. Pueden existir problemas de seguridad ciudadana si la pista está aislada	El mantenimiento y la limpieza de la pista son más complicados. Pueden existir problemas de seguridad ciudadana si la pista está aislada

5.2.3. Intersecciones para ciclistas

La mayoría de los accidentes de ciclistas ocurren en las intersecciones. Por eso, los cruces necesitan ser diseñados con más cuidado que las vías. Es necesario precisar que una infraestructura ciclista en intersección es útil realmente si se conecta con una infraestructura ciclista en las vías (franja o pista ciclista).

La mayoría de los accidentes ocurren porque los conductores olvidan que los ciclistas podrían circular en la vía, por lo que se trata de hacer más visible la presencia de ciclistas en la intersección.

a) Caso 1: Paso ciclista mezclado con el tráfico

- **Integrando los ciclistas a la circulación general.** Obligando a los ciclistas y los vehículos a que circulen juntos se logra mayor seguridad que cuando están separados (caso 2).
- Pintando el paso de los ciclistas con una **franja distintiva** (verde, rojo, etc.) e instalando los pictogramas “ciclistas”.
- Liberando las intersecciones de los obstáculos visuales.
- Informando repetidamente a los conductores que los ciclistas y los peatones tienen prioridad sobre los vehículos que giran a la derecha, mediante **campañas de comunicación y sensibilización**.

b) Caso 2: Paso ciclista separado del tráfico

- En este caso, el paso peatonal y el cruce ciclista deben estar un poco alejados del borde de la calzada para mejorar la visibilidad de los conductores.
- Se puede crear un paso peatonal y ciclista elevado a nivel de la acera.

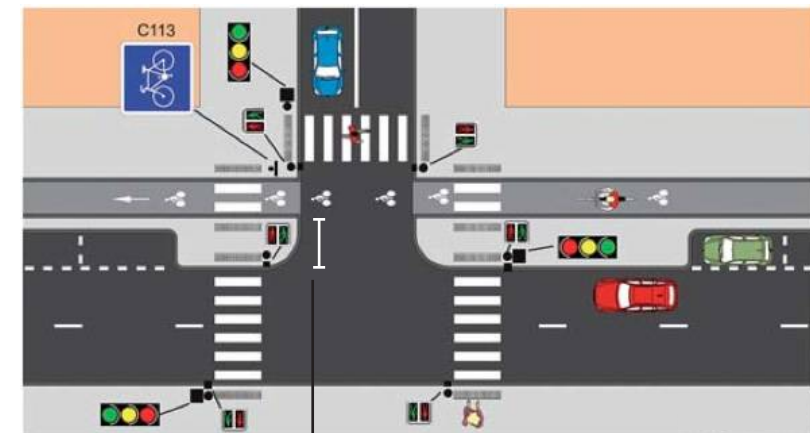
En general, las intersecciones con semáforos son más favorables para los ciclistas que las rotondas.

Para limitar los accidentes de ciclistas se debe maximizar su visibilidad. Si un conductor ve a un ciclista, (ya que ambos conviven en el mismo espacio público) no lo va a atropellar. Por eso, es mejor mezclar ciclistas y vehículos en las intersecciones

Caso 1: Paso ciclista mezclado con el tráfico



Caso 2: Paso ciclista separado del tráfico



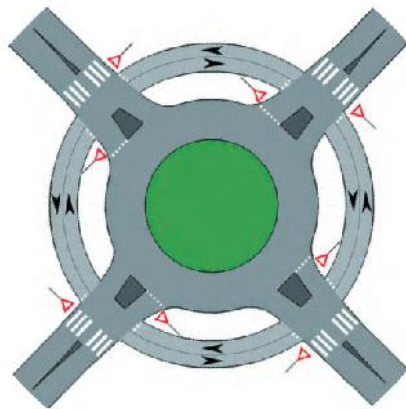
Distancia a ampliar para mejorar la visibilidad de los conductores

5.2.4. Los ciclistas en las rotondas

El tipo de paso de los ciclistas en las rotondas se diferencia por el tamaño de la rotonda :

- En las **pequeñas rotondas (radio externo < 15 m)**, los ciclistas comparten el espacio con los vehículos motorizados en la intersección,
- En las **grandes rotondas (radio externo > 15 m)**, la pista ciclista debe estar físicamente separada de la rotonda. Los ciclistas cruzan los accesos a la rotonda al lado de los peatones.

La inserción de una franja ciclista dentro de la rotonda no es aconsejable. La trayectoria más segura para que los ciclistas crucen la rotonda, es circular al centro del anillo, donde los conductores los van a percibir muy fácilmente.



Pistas ciclistas para cruzar una rotonda de gran tamaño. No es aconsejable pintar franjas ciclistas en el anillo de las rotondas.



Foto: Nogent-le-Roi, Francia.

5.2.5. Franja segregada para ciclistas en intersección

Las franjas segregadas para ciclistas permiten priorizar a los ciclistas en la intersección, creando una franja reservada entre el paso peatonal y la línea de parte de los vehículos, de la siguiente manera:

- Los ciclistas pueden arrancar antes que los autos.
- Los ciclistas que giran a la izquierda están más seguros porque no existe conflicto con los motorizados.

El respeto de la franja como el respeto de los pasos peatonales tiene que ser explicado y socializado de manera continua e intensa a los conductores.



Foto: Ginebra, Suiza.

Fuente: Fichas del Certu.

5.3. Infraestructura para el transporte público

El atractivo del transporte público depende de su calidad de servicio (comodidad, frecuencia, legibilidad del sistema, etc.) pero también del tipo de infraestructura dedicada a los buses en las calles. El principal objetivo de las infraestructuras diseñadas para buses es mejorar su servicio, como ser:

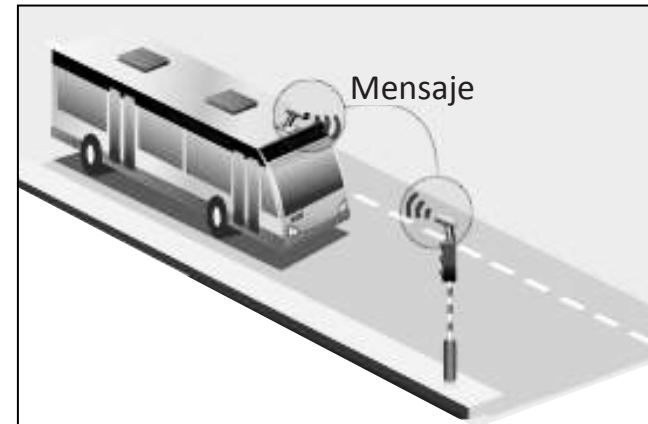
- La velocidad comercial.
- La regularidad, frecuencia y la adecuación con el horario.

También se puede prever numerosas medidas de acompañamiento para mejorar las relaciones entre los buses y los otros modos de transporte, así como la comodidad de todos los usuarios.

Las medidas que permitan la mejora de calles para el transporte público deben realizarse principalmente en los corredores elegidos en la jerarquía multimodal para convertirlos en “ejes principales de transporte público”.

5.3.1. Regulación de las intersecciones

En los ejes del transporte público (corredores), los buses deben tener la prioridad máxima en las intersecciones. Por eso, las intersecciones deben estar reguladas con un sistema de semáforos inteligentes. Estos semáforos pueden detectar la presencia del bus y otorgar luz verde a éste sin que tenga que detenerse en la intersección. La máxima eficacia de este sistema se alcanza cuando el bus dispone de su propio carril, de lo contrario, el semáforo dejará pasar tanto al bus como a los vehículos privados.



En un sistema de semáforos vinculados con la red de transporte público bien calibrado, los buses pueden transmitir este tipo de mensaje y los semáforos responden en consecuencia: “Soy un bus de la línea D”, “Estoy atrasado”, “Estoy a 150 m de la intersección”, “Mi avance es rápido”, “Ya pase la intersección, gracias”.



5.3.2. Carriles exclusivos

La medida clave para apoyar al transporte público en las ciudades es la creación de carriles exclusivos para los buses. Estos carriles pueden ser de varios tipos: lateral o central, de contrasentido, la calle entera puede ser reservada al transporte público y a los modos de transporte no motorizados (vías semipeatonales).

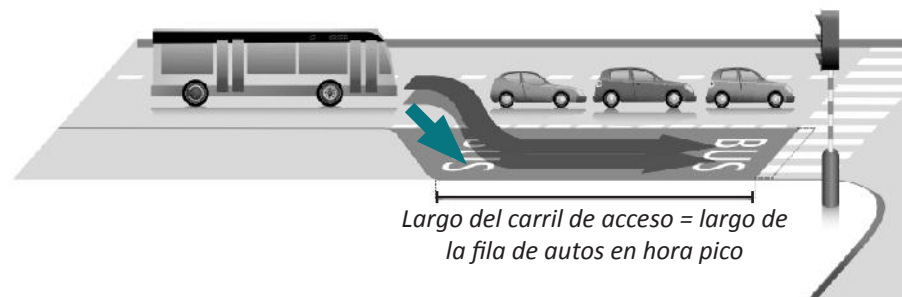
Los carriles exclusivos ubicados al centro de la vía tienen las siguientes ventajas: la velocidad de los buses es mayor, el acceso a los garajes y a los comercios (reparto de mercancías) es más fácil, así como el acceso de los vehículos de auxilio. También, es más sencillo reservar espacio de estacionamiento longitudinal. Al contrario, los carriles exclusivos laterales permiten ahorrar espacio porque las paradas comparten espacio con las aceras.

En gran parte de los casos, es mejor que el carril exclusivo esté físicamente separado de los carriles de circulación general, a fin de mejorar el control del acceso al carril y el estacionamiento indebido.

- Ancho de un carril exclusivo: 3,2 - 3,5 m.
- Ancho de un carril exclusivo accesible a las bicicletas: 4,5 m.
- Ancho de una parada de bus: 2,5 m (+ 1,5 m de acera libre para el paso).



Carril de acceso para buses



En algunos casos, no es óptimo implementar un carril exclusivo sobre la totalidad de la vía. En estas situaciones se puede implementar un carril exclusivo para buses sólo de acceso a las intersecciones problemáticas. Así, los buses no tienen que esperar para pasar y pueden adelantar a los autos sin hacer fila. Como gran parte de la congestión se ubica en las intersecciones, los carriles de acceso para buses son una medida bastante eficaz.

Medidas de control

El control de las paradas, de los carriles exclusivos y de los carriles de acceso es un trabajo bastante complejo, pero crucial. Ningún sistema de transporte público puede funcionar de forma óptima si los autos estacionan en las bahías de parada o si cualquier vehículo usa los carriles exclusivos.

Las posibles medidas de control son:

- El control humano.
- Las multas.
- Los bolardos que detectan el bus y se retractan.
- El badén o cojín, su ancho debe ser tal que deje pasar a los buses, pero no a los vehículos livianos.



Fuente: «Tram, bus, manuel de bonnes pratiques pour un réseau performant».

5.3.3. Pasos peatonales seguros

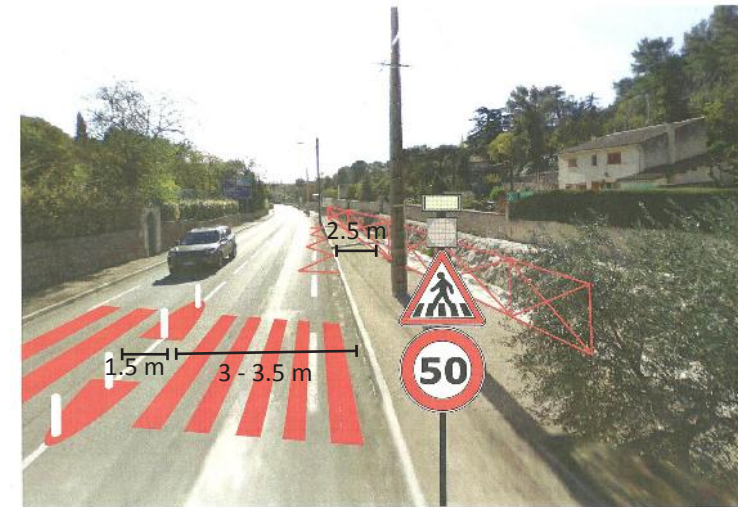
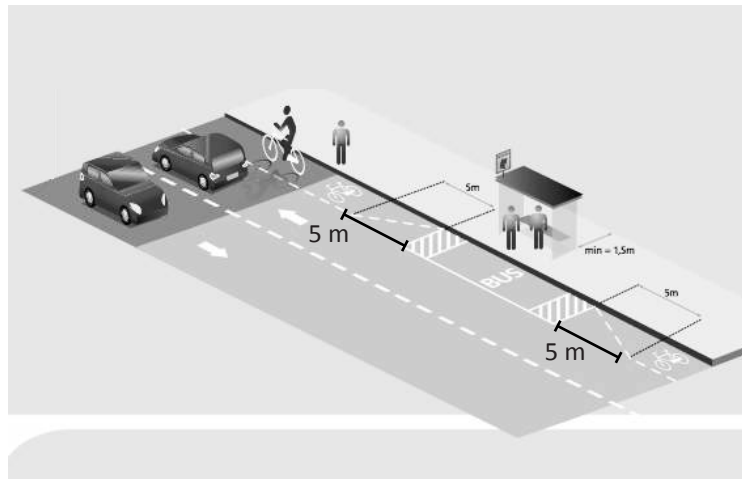
Las paradas son el interfaz entre la red de transporte público y los usuarios. Tienen que ser claramente definidas y acondicionadas. Paradas bien ubicadas y habilitadas permiten mejorar la velocidad comercial del bus.

La ubicación de las paradas debe hacerse según varios criterios, algunos de los cuales son:

- Cerca de los lugares de actividades como escuelas, comercios, etc.
- En zonas urbanas se prevé una parada cada 300 - 500 m, en función de la densidad urbana y de los objetivos de velocidad del bus.
- Las bahías para buses se reservan para las vías con mayor tráfico. En general, las paradas se ubican en plena vía para mejorar la velocidad de los buses.
- Para limitar el uso de espacio, las paradas se pueden ubicar de manera desfasada, pero las dos tienen que verse para mejorar la visibilidad del sistema.
- Si el bus dispone de un sistema de regulación con semáforos, las paradas se ubican después de las intersecciones, no antes.

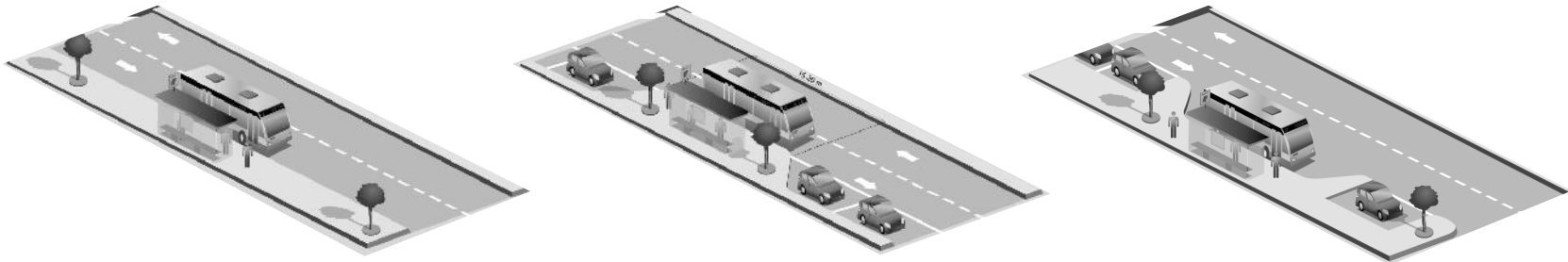
Se trata de facilitar la accesibilidad a las principales paradas de transporte público para los peatones y ciclistas. Por eso, es necesario diseñar vías hacia las paradas con aceras amplias, ciclovías, pasos peatonales seguros, etc.

Franja ciclista



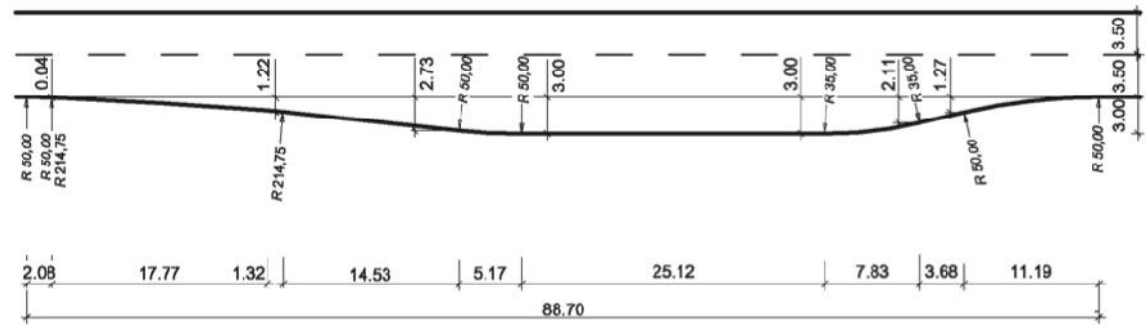
Los pasos peatonales siempre se ubican detrás de las paradas, para limitar los conflictos entre buses y peatones y evitar así atropellos por los vehículos que quisieran adelantar al bus parado.

5.3.4. Tipos de paradas de buses



	Parada en vía (simple)	Parada con oreja	Parada con bahía
Ubicación	La parada se ubica directamente sobre la acera. Los buses paran en la calzada.	La parada se ubica sobre una oreja, dentro del carril de estacionamiento. Los buses paran en la calzada.	La parada se encuentra en una bahía, dentro de la acera o del carril de estacionamiento. Los buses paran fuera de la calzada.
Circulación de los buses	Esta configuración es muy favorable para los buses porque no tienen que maniobrar y pueden arrancar enseguida.	Esta configuración es muy favorable para los buses porque no tienen que maniobrar y pueden arrancar enseguida.	En esta configuración, el bus pierde tiempo al entrar en la bahía y al salir (no tiene prioridad).
Tráfico vehicular	El tráfico tiene que esperar detrás del bus, se pueden generar comportamientos peligrosos.	El tráfico tiene que esperar detrás del bus, se pueden generar comportamientos peligrosos.	El tráfico no es perjudicado por los buses.
Mobiliario urbano	Por falta de espacio puede ser complicado construir una caseta.	Con una oreja se dispone de bastante espacio para caseta u otro mobiliario urbano.	Por falta de espacio puede ser complicado construir una caseta.
Estacionamiento		Se deben suprimir unas 4 plazas de estacionamiento.	Se deben suprimir unas 6 plazas de estacionamiento.
Uso	Se usan en los ejes fuertes de transporte público y en las calles de barrios, en las vías sin estacionamiento.	Se usan en los ejes principales de transporte público y en las calles de barrios, en las vías con estacionamiento.	Se usan en las vías donde el tráfico motorizado privado debe ser priorizado y donde las velocidades son importantes (50 km/h).

Dimensiones de la bahía para buses



Las bahías para buses se construyen cuando el tráfico es mayor a 15.000 vehículos por día, las velocidades son superiores a 50 km/h o el tiempo de espera del bus mayor a 30 segundos

Fuente: «Tram, bus, manuel de bonnes pratiques pour un réseau performant», «Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen».

5.4. Infraestructura para estacionamientos en el espacio público

Algunos beneficios de contar con un buen diseño de los lugares de estacionamiento, son:

- Ahorrar espacio público y redistribuir una parte de éste a los modos de transporte no motorizados.
- Indicar claramente a los usuarios donde está permitido estacionar, así se reduce la sensación del caos en la calle.
- Poner en marcha una política de cobro del estacionamiento que permita a los gobiernos municipales recaudar fondos para la mejora de la movilidad en la ciudad.

La delimitación de los estacionamientos se hace con pintura pero, sobre todo, con orejas de hormigón, pues son mucho más efectivas y tienen mayor vida útil.

Al construir plazas de estacionamiento, se debe definir claramente cuales son los vehículos autorizados para estacionar, por ejemplo: sólo vehículos compactos (automóviles, vagonetas, etc.). Si no se controla a los usuarios del estacionamiento, el espacio vial se puede volver muy caótico.

Estacionamiento para personas con discapacidad

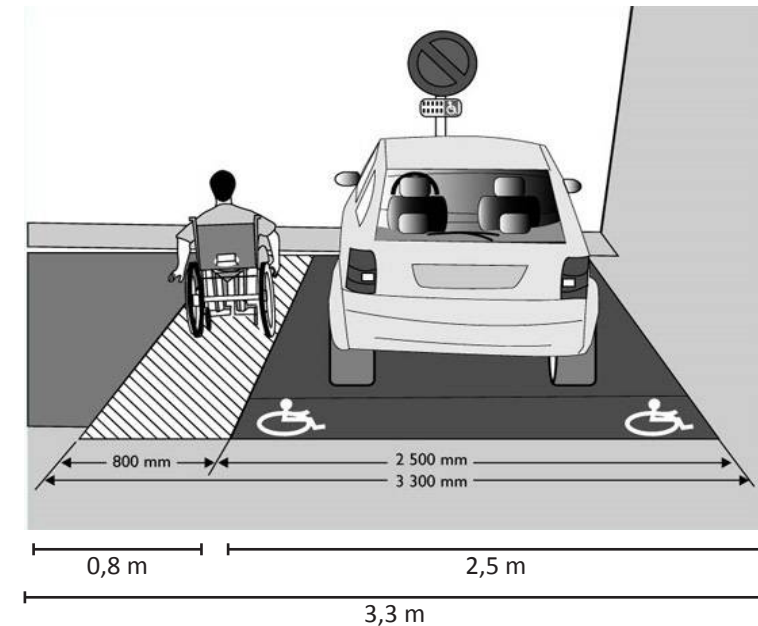


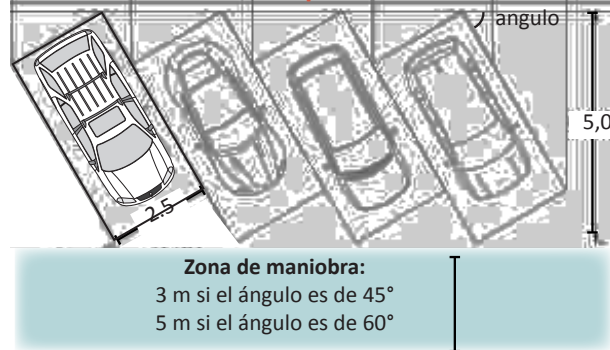
Foto: Cartagena - Colombia.

El control del uso de los estacionamientos para personas con discapacidad es un desafío. Por ejemplo, suele reflejarse con carteles que rezan: "Si tomas mi parqueo, toma mi discapacidad".

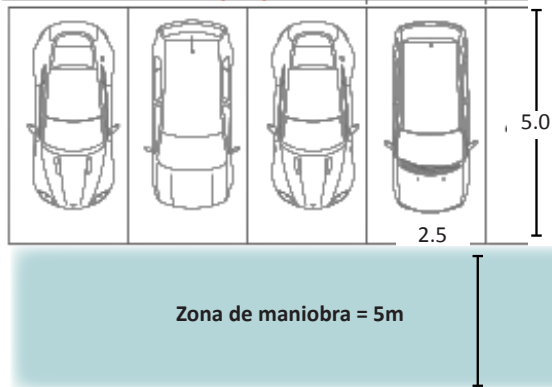
5.4.1. Estacionamiento para autos

Los espacios para estacionamiento deben ocupar el mínimo espacio, si se construyen para vehículos muy grandes (camionetas, minibuses, etc.) disminuye el espacio dedicado a los modos no-motorizados. Debe realizarse el control al tipo de vehículo autorizado a estacionar y diseñar cajones para vehículos de diferentes tamaños.

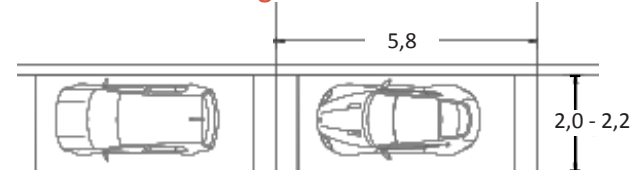
Estacionamiento en rampa



Estacionamiento perpendicular

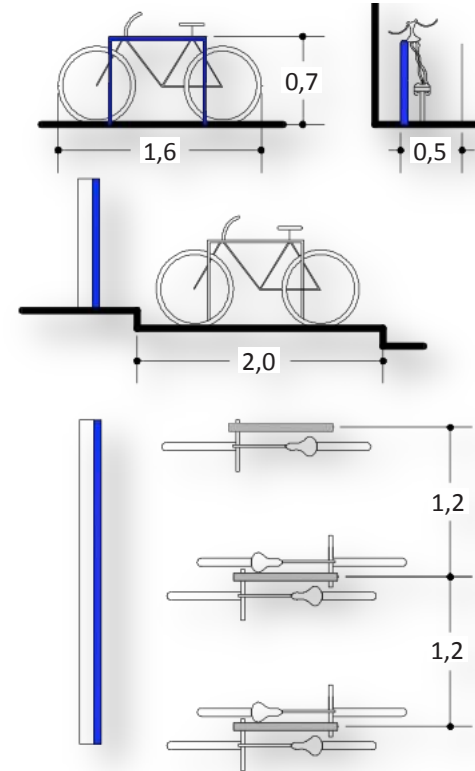


Estacionamiento longitudinal

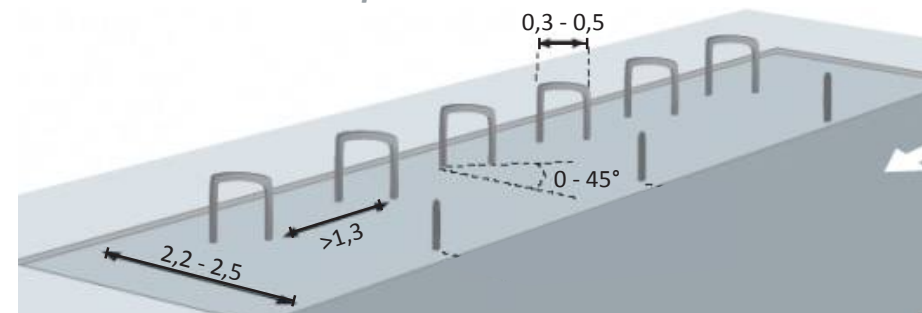


5.4.2. Estacionamiento para bicicletas

La red ciclista no puede funcionar sin la implementación de estacionamientos para bicicletas en numerosos lugares de la ciudad.



5.4.1. Estacionamiento para motos



Fuente : «Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen»

6. Moderación de la velocidad

6.1. Justificación

El control de la velocidad en las redes viales urbanas es un tema crucial para reducir los hechos de tránsito y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Sin duda, el exceso de velocidad tiene **impresionantes efectos negativos**:

- La probabilidad de tener un **accidente** es mayor.
- La gravedad de los accidentes es mayor, debido a que existe mayor probabilidad de morir o resultar gravemente lesionado.
- El tráfico genera más **ruido**.
- La **contaminación ambiental** y el efecto invernadero se incrementa.
- El efecto “**barrera**” de una vía es más importante, pues la conexión entre barrios o casas se reduce.
- El sentimiento de inseguridad frente al tráfico es mayor, lo que puede desmotivar a adultos mayores o niños a desplazarse.
- Se **reduce la comodidad de los peatones y ciclistas**, y se desincentiva, el uso de los modos de transporte no motorizados.
- Se consume más combustible.
- Se usa más **espacio público** porque las vías tienen que ser más amplias para circular a mayores velocidades.

El mayor beneficio de la reducción de la velocidad del tráfico es el incremento de la seguridad vial; sin embargo, existen también otras ventajas, sobre todo, ambientales, como la reducción del ruido, la generación de gases, el consumo de energía y la optimización del espacio público.

It looks small here
Slow Down



Imagen de sensibilización sobre las consecuencias dramáticas que puede tener un leve exceso de velocidad.

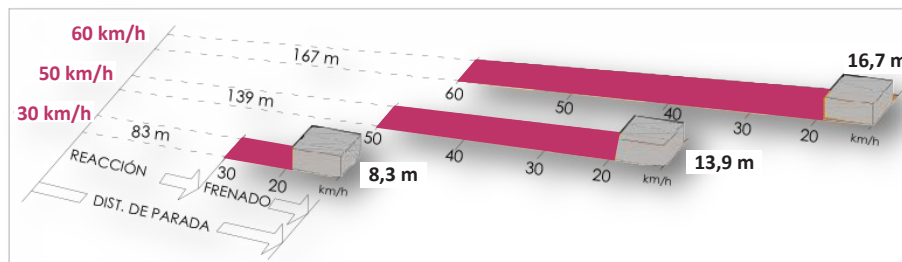
6.1.1. Efecto de la velocidad en la gravedad de los accidentes

La velocidad tiene una influencia directa sobre la gravedad de los accidentes. Cuando hay una colisión entre vehículos, o con peatones u objetos, la intensidad del accidente depende de la energía cinética liberada en el choque. La energía no varía con la velocidad lineal, pero sí con la velocidad al cuadrado. Por eso, un accidente a 60 km/h es 4 veces más grave que un accidente a 30 km/h.

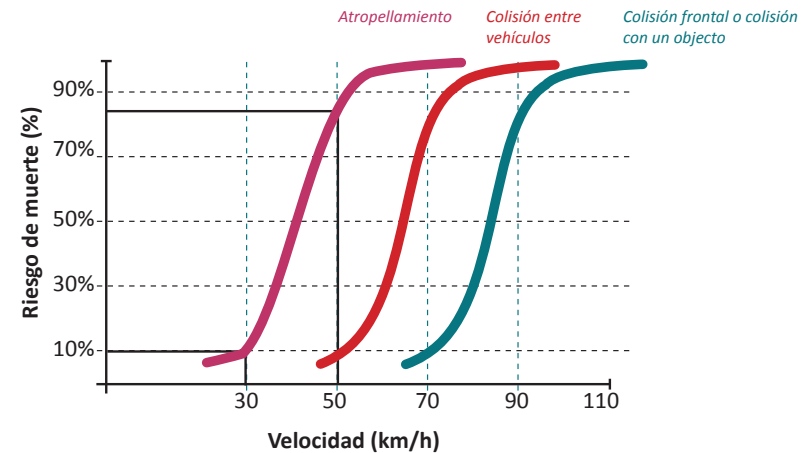
6.1.2. Efecto de la velocidad en la probabilidad de accidentes

Existe mayor probabilidad de accidentes cuando los vehículos circulan rápidamente (> 30 km/h) por las siguientes razones:

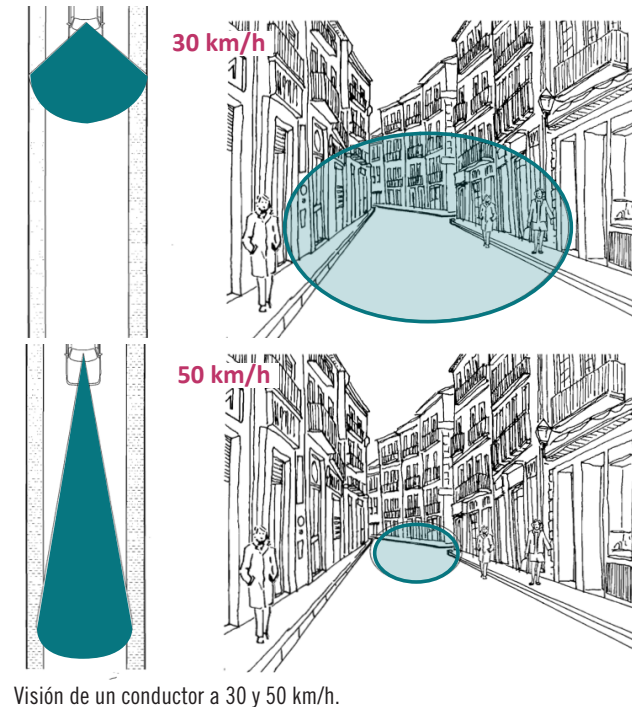
- A mayor velocidad, el foco de atención del conductor es reducido; por ejemplo, ya no podría ver a un niño que sale a la calle sorpresivamente, buscando su pelota.
- El tiempo de frenado es mucho mayor.
- El auto recorre mucha mayor distancia durante el tiempo de reacción (1 - 2 segundos).



Distancia necesaria para parar completamente a diferentes velocidades



A 30 km/h, un peatón atropellado tiene 10% de probabilidad de morir. A 50 km/h, tiene 85% de probabilidad de morir.



Fuentes: «Calmar el tráfico», «Aménager la voirie, 10 principes essentiels pour la sécurité».

6.2. Medidas de moderación de la velocidad

Los conductores no van a limitar su velocidad por iniciativa propia. Las autoridades deben incentivar a no exceder los límites, ya sea con medidas de represión (multa, retiro de la licencia de conducir, etc.), de sensibilización (señalización, información, etc.) pero, sobre todo, con infraestructura específica en las calles. Si bien es cierto que la velocidad ejercida por los conductores depende de la visión que éstos tienen de la calle o carretera, es la infraestructura la que verdaderamente determina el comportamiento de los usuarios. Los conductores no van a aplicar la misma velocidad en una autopista que en una calle de barrio estrecha, por ejemplo.

El ancho de la calzada es un factor clave para reducir la velocidad. Si se construyen autopistas, es seguro que los vehículos motorizados irán a 80 km/h. Se puede reducir el ancho de calzada física o visualmente y ambos tienen un efecto importante sobre el comportamiento de los conductores.

En Bolivia, se usan comúnmente los rompemuelles para reducir la velocidad de los autos, y aunque ésta es una medida eficaz, existen numerosos tipos de reductores de velocidad, tan eficaces que permiten alcanzar también otros objetivos como ser la protección del peatón, la inserción en el contexto urbano, etc.

En síntesis, la mejor herramienta para moderar el tráfico es una concepción global de todas las calles con el objetivo principal de limitar las velocidades, integrando la señalización, el dimensionamiento de las vías y los diferentes tipos de reductores de velocidad.



El control de la velocidad se hace con radar policial. El cual puede ser fijo o móvil (foto izquierda), distribuidores de multas o solamente informativos (foto derecha). Los controles con radares son la manera de moderar las velocidades en los grandes ejes de tráfico.

Para reducir la velocidad en un tramo, se trata de concebir un proyecto integral incluyendo un buen dimensionamiento de la vía, mejorando la señalización e instalando reductores de velocidad, etc..

Las herramientas de moderación de la velocidad tienen que adecuarse al rango de la vía. Algunas de ellas son: el control y multas en vías de primer nivel, reductores de velocidad y señalización en vías de rango inferior.



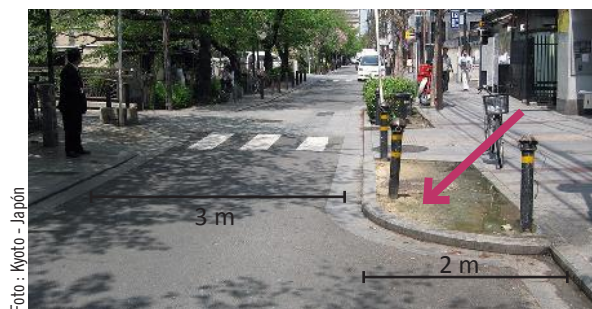
Foto: Curitiba - Brasil.



Foto: Lima - Perú.

La señalización vertical y horizontal debe ponerse de manera claramente visible (foto izquierda), pero sobre todo se trata de adecuar la velocidad máxima al tipo de vía. Obligar los conductores a conducir despacio sobre un autopista, necesita control, más que infraestructura específica o señalización (foto derecha).

Reducción física o visual del ancho de las calzadas para cambiar los comportamientos de los conductores



Limitar las calzadas a 3 m (o menos) y delimitar claramente el estacionamiento con orejas es la primera medida a tomar para moderar las velocidades.



Con esta franja central blanca, se puede reducir el ancho visual de la calle, pero también permitir a los autos adelantar a un camión estacionado para repartir mercancías.



Reducir los radios de giro permite reducir las velocidades en las intersecciones y proteger a los peatones.



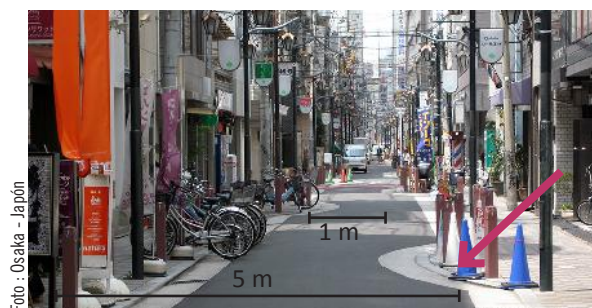
Pintar una franja ciclista (en este caso, un contrasentido ciclista) permite señalar claramente a las bicicletas y reducir el ancho de la calzada, modificando así el comportamiento de los conductores.



Las intersecciones compactas permiten reducir las velocidades en el tramo.



La franja de material permeable permite el cruce de 2 vehículos, pero parece una calzada muy estrecha.



Las “chicanas” son reductores de velocidad que reducen puntualmente el ancho de las calles y desvían la trayectoria de los vehículos.



Los arboles, así como los túneles reducen la visión de los conductores y los obligan a reducir su velocidad.

6.3. Reductores de velocidad

Los reductores de velocidad se usan en las calles de segundo y tercer nivel para limitar las velocidades. Son infraestructuras de hormigón que funcionan de cuatro maneras:

- Desvían la trayectoria de los vehículos, tanto horizontal como verticalmente.
- Reducen el ancho de la calzada.
- Modifican y cortan los itinerarios de los vehículos, limitando el tráfico a vehículos que específicamente necesitan acceder al barrio.
- Reducen la velocidad gracias a revestimiento rugoso (adoquinado).

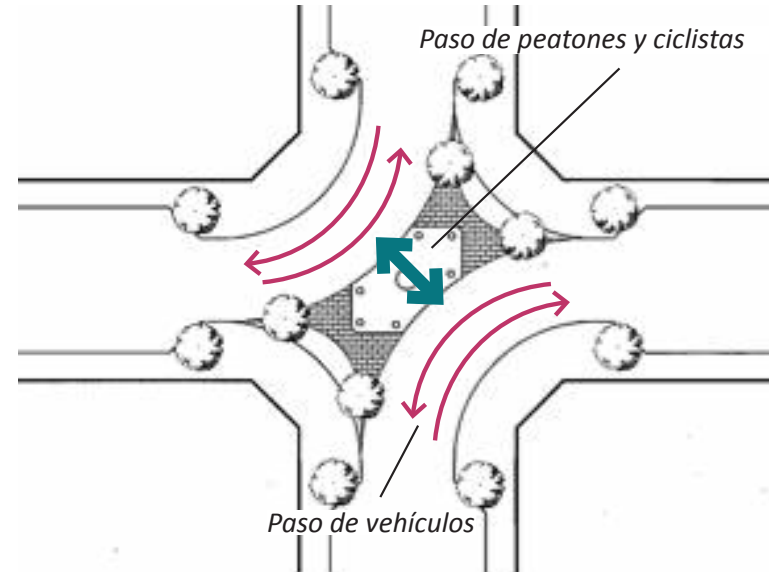
Algunos principios que se deben seguir son: señalar claramente las calles “moderada” con puertas de ingresos al barrio, indicar claramente los reductores de velocidad con iluminación, pintura (etc.), explicar a los usuarios el funcionamiento y el objetivo de la infraestructura.

6.3.1. Cortar los itinerarios

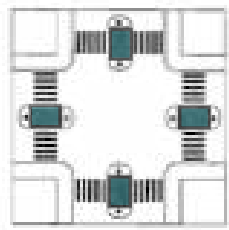
Una manera muy eficaz de limitar el tráfico y la velocidad en un barrio que se quiere proteger es cortar y/o modificar los itinerarios, cerrando las vías y las intersecciones en lugares estratégicos. Esta herramienta permite limitar el tráfico sólo a los vehículos que necesitan acceder al barrio (habitantes) impidiendo así todo el tráfico de paso.

El cierre de vía debe impedir el paso a los vehículos, pero permitir la circulación de peatones y ciclistas.

Para evitar accidentes, los reductores de velocidad deben ser claramente señalizados con pintura termoplástica reflectiva.



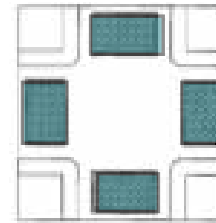
Intersecciones con reductores de velocidad



Refugio

Reducen la velocidad.
Ayudan al paso de los peatones.

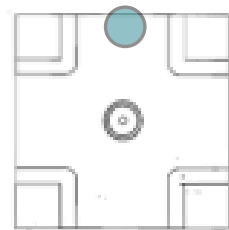
→ Reducen el ancho de calzada



Cojín

Reducen la velocidad
de los vehículos sin
perjudicar a bicicletas
ni buses.

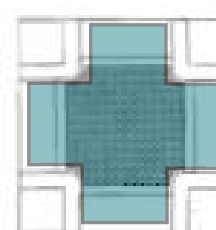
→ Desvían verticalmente la trayectoria
de los vehículos



Mini rotonda

Reducen la velocidad.
Mejoran el paisaje
urbano.

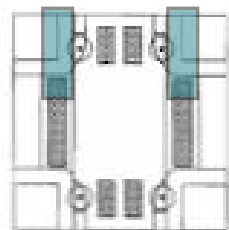
→ Desvían horizontalmente la trayectoria
de los vehículos



Intersección elevada (a nivel de la acera)

Reducen la velocidad.
Mejoran el paisaje
urbano.
Ayudan al paso de
peatones.

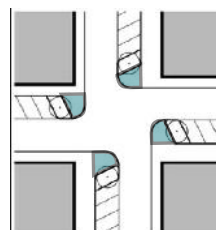
→ Desvían verticalmente la trayectoria
de los vehículos



Paso peatonal elevado (a nivel de la acera)

Reducen la velocidad.
Ayudan al paso de los
peatones.

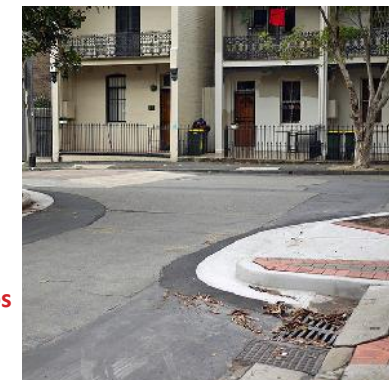
→ Desvían verticalmente la trayectoria
de los vehículos



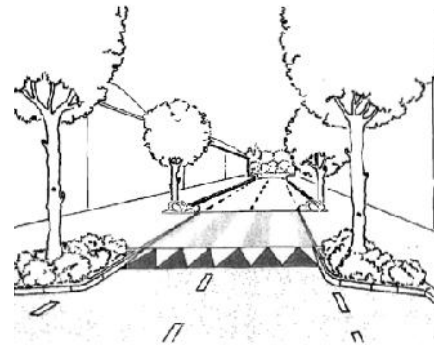
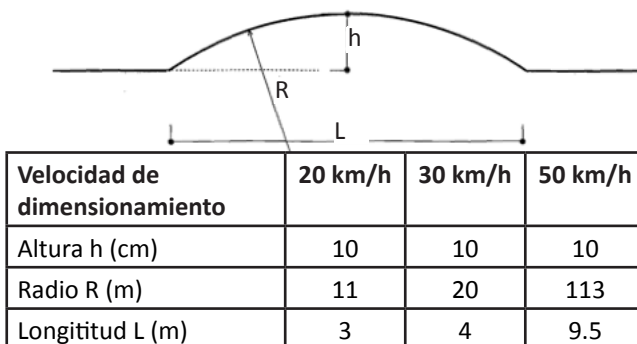
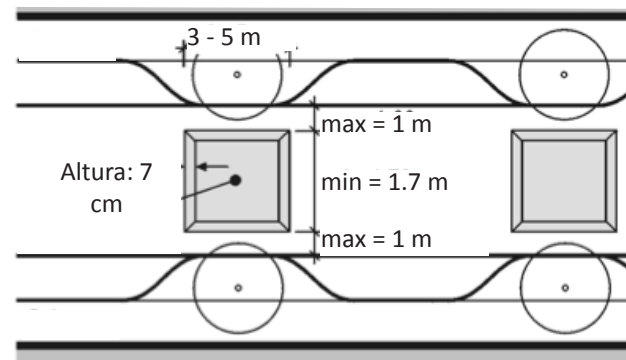
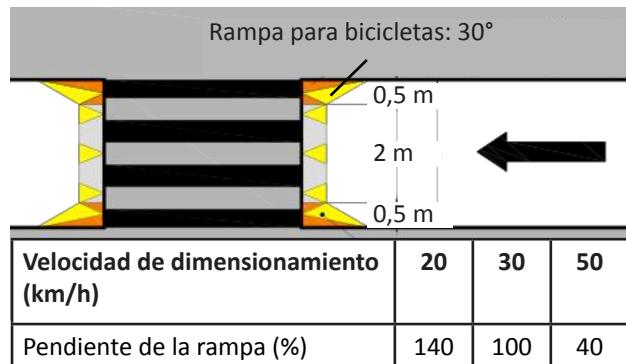
Oreja

Reducen la velocidad.
Permiten delimitar el
estacionamiento.
Reducen los pasos
peatonales.

→ Desvían horizontalmente la trayectoria de los
vehículos
→ Reducen el ancho de calzada

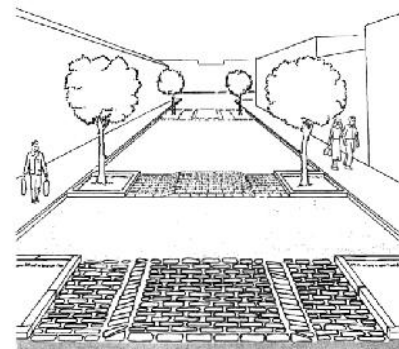


Vías con reductores de velocidad tipo salto



Paso peatonal elevado

Permite reducir la velocidad de los vehículos motorizados y ofrecer a los peatones un paso peatonal a la misma altura de las aceras. Las rampas con poca pendiente en los costados permiten a las bicicletas y motos transitar sin graves complicaciones.



Almohada berlinesa

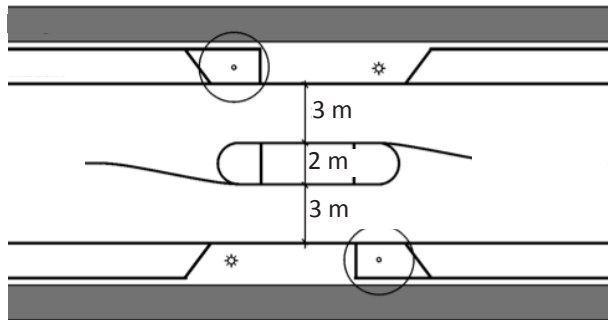
Permite reducir la velocidad de los vehículos motorizados. Su ancho limitado permite a buses y a vehículos de 2 ruedas pasar sin saltos.



Rompemuelle

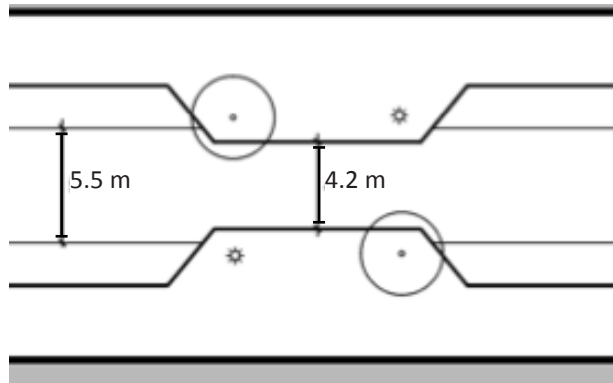
Permite reducir la velocidad de los vehículos motorizados. El alto de estos reductores debe adecuarse a las vías y al tipo de vehículos en circulación.

Vías con reductores de velocidad tipo desvío



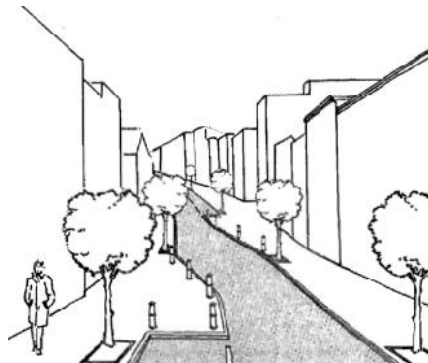
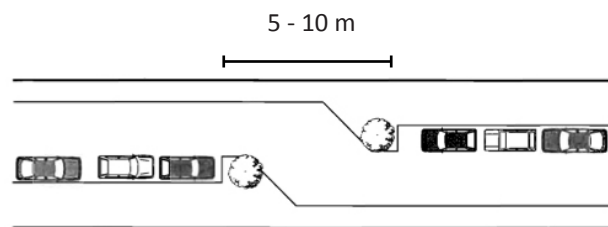
Refugio o isla central

Permite reducir la velocidad de los vehículos motorizados desviando las trayectorias y estrechando puntualmente la calzada. Las islas pueden contar con un refugio peatonal o solamente con vegetación decorativa.



Orejas

Permiten reducir la velocidad de los vehículos motorizados desviando las trayectorias y estrechando puntualmente la calzada. Las orejas, permiten también delimitar el estacionamiento y limitar el ancho de los pasos peatonales, mejorando así la visibilidad en las esquinas para todos los usuarios.



Chicanas

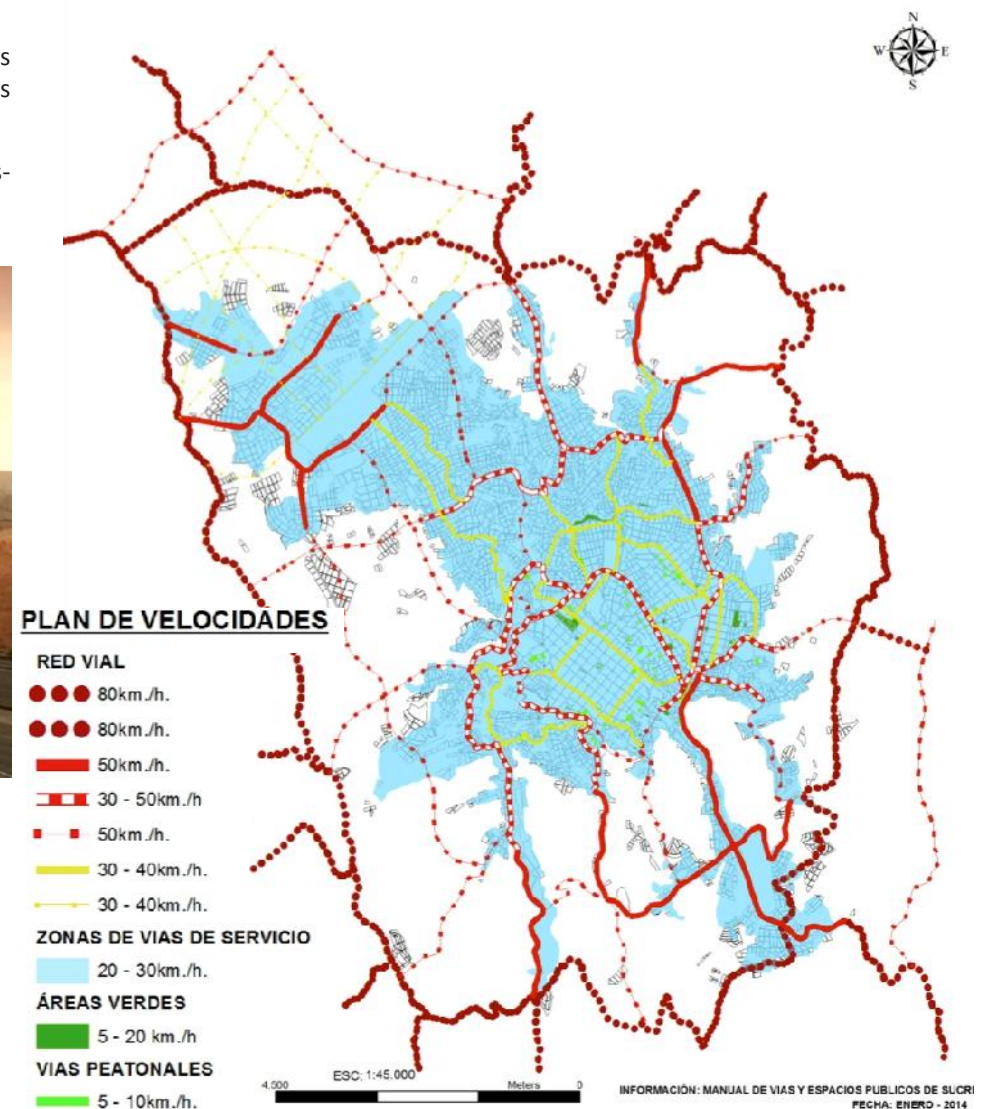
Las chicanas o zigzag desvían la trayectoria de los vehículos y reducen así la velocidad de los mismos. Pueden ser constituidas como estacionamiento o jardinera.

6.4. Planes de velocidad

Los planos de velocidad son un nuevo instrumento de planificación. Permiten aplicar la jerarquía vial a través de la regulación de las velocidades. El objetivo fundamental es limitar las velocidades y reducir así los accidentes en toda la ciudad.

En primer lugar, consisten en definir una velocidad de planificación a todas las vías de la ciudad y, en segundo lugar, en habilitar las vías de tal manera que los usuarios respetan la velocidad definida.

La base legal de los planos de velocidad son las nuevas leyes municipales de transporte o movilidad sostenible que se están desarrollando en el país.



Fuente: «Manual de vías y espacio público, Sucre»

7. Anexos

Anexo 1 : Resumen de las características de las vías

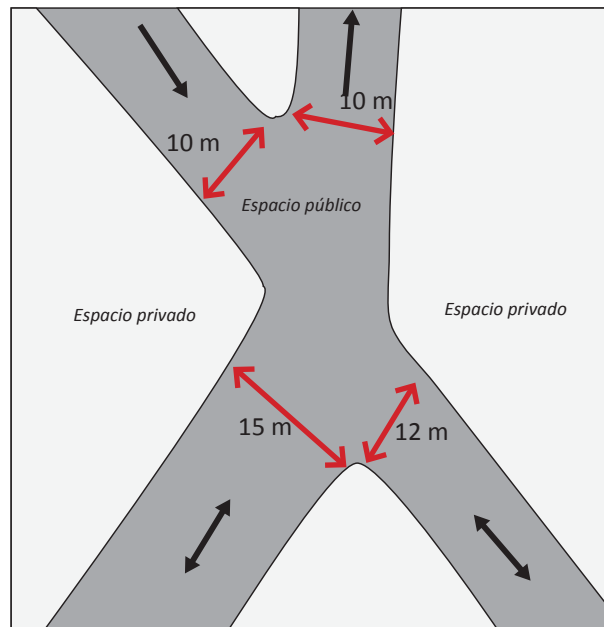
Tipología	Vía peatonal	Vía vecinal	Vía colectora
Uso de suelo	Centro, barrio	Centro, barrio	Centro, barrio
Funciones principales	Pasear, comprar, turismo	Acceder a las casas, pasear, desplazarse adentro del barrio	Acceder a las casas, desplazarse entre barrios, transitar hacia la red principal
Principios de diseño	Todos los usuarios conviven en el mismo espacio	Solo los peatones están separados de los otros usuarios	Los peatones están separados y los ciclistas pueden estar separados o no de los otros vehículos
Velocidad de planificación	5 - 10 km/h	20 - 30 km/h	30 - 40 km/h
Usuarios			
Circulación general	Vecinos, vehículos de emergencia, camión basurero < 100 vehículos/día	Cuando < 4'000 vehículos/día	Entre 4.000 - 6.000 vehículos/día
Motocicletas	No (excepto vecinos)	Si	Si
Estacionamiento	No	Si (a privilegiar)	Si
Vehículos de carga	Para reparto de mercancías con horarios definidos	Limitado (solo acceso)	Si
Infraestructura			
Ancho de calzada vía doble	—	5,5 - 6 m	6 m
Ancho de calzada vía sentido único	min. 2,8 m	2,8 - 3 m	3 m
Infraestructura para peatones	Todo el espacio vial esta disponible para los peatones, éstos tienen prioridad	Aceras, orejas, pasos peatonales a nivel de la acera	Aceras, orejas, refugios peatonales, pasos peatonales a nivel de la acera
Infraestructura para ciclistas	Comparten la calzada con los peatones Estacionamiento para bici	Comparten la vía con los motorizados Estacionamiento para bici	Según condiciones locales comparten o no la calzada con los motorizados Estacionamiento para bici
Infraestructura para transporte público	Paradas en la calle	Paradas en la calle	Paradas en la calle
Reductores de velocidad	Chicanas, puertas de ingreso a la zona	Chicanas, puertas de ingreso a la zona, orejas, mini rotondas, saltos, etc.	Rotondas, saltos, refugios peatonales, orejas

Tipología	Vía principal en zona sensible	Vía principal	Eje de transporte público
Uso de suelo	Centro, barrio, zona de comercios	Entre los barrios, en zonas de expansión de la ciudad	Dentro de los barrios y del centro
Funciones principales	Transitar en la ciudad, acceder a comercios y otros	Transitar dentro de la ciudad Circulación para el tráfico pesado	Tránsito del transporte público
Principios de diseño	Todos los usuarios son separados Estacionamiento	Todos los usuarios están separados Pocas intersecciones Estacionamiento a evitar	El transporte público es privilegiado en las vías e intersecciones Los pasajeros se benefician de buenas condiciones de acceso en las paradas
Velocidad de planificación	30 - 40 km/h	50 km/h	30 - 50 km/h
Usuarios			
Circulación general	Entre 8'000 - 12'000 vehículos/día	Entre > 12'000 vehículos /día	Entre < 4'000 vehículos /día
Motocicletas	Si	Si	Si
Estacionamiento	Si	No	Si
Vehículos de carga	Si (reparto con horarios definidos)	Si (a privilegiar)	Si (reparto con horarios definidos)
Infraestructura			
Ancho de calzada vía doble	6 m	6.5 m	6.5 - 7 m (carril exclusivo) 6 m (carril general)
Ancho de calzada vía sentido único	3 m	3.2 m	3 - 3.5 m (carril exclusivo) 3 m (carril general)
Infraestructura para peatones	Aceras, orejas, refugios peatonales, pasos peatonales a nivel de la acera	Aceras, orejas, refugios peatonales	Aceras, orejas, refugios peatonales
Infraestructura para ciclistas	Franja ciclista o pista ciclista Estacionamiento para bici	Pista ciclista Estacionamiento para bici	Según condiciones locales Estacionamiento para bici
Infraestructura para transporte público	Paradas en la calle o en bahía	Paradas en bahía	Paradas en el carril Prioridad en la semaforización
Reductores de velocidad	Control de velocidad Rotondas, refugios peatonales, orejas, paso peatonal a nivel de la acera	Control de velocidad Rotondas, refugios peatonales, orejas	Control de velocidad Refugios peatonales, orejas

Anexo 2: Pasos de diseño de una intersección

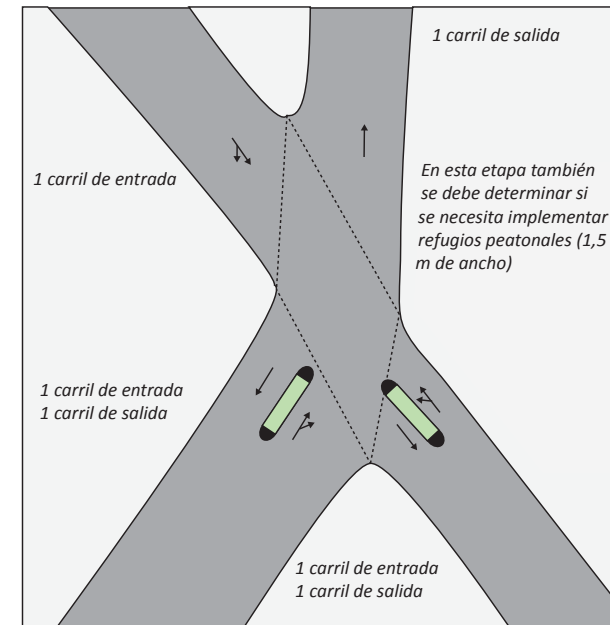
Para mejorar la seguridad vial y favorecer los desplazamientos no-motorizados (peatones y ciclistas), buenos diseños de intersecciones tienen que limitar el uso de espacio público para los vehículos motorizados (en circulación y estacionados). El diseño tiene que seguir pasos bien definidos:

- 1.- Determinar las necesidades mínimas de espacio para los peatones
- 2.- Calibrar la intersección, y los lugares de circulación de los autos,
- 3.- Asignar todo el espacio restante a la acera.



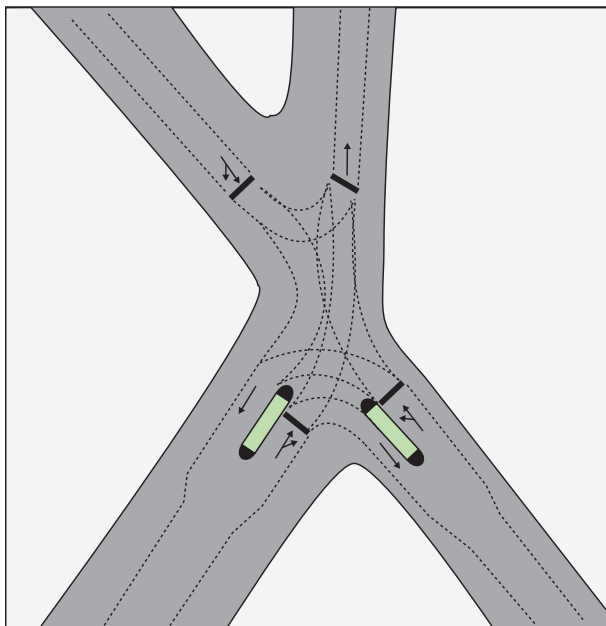
Se determina el espacio público disponible para los diferentes usuarios (vehículos en movimiento, peatones, vehículos estacionados, etc.). Es decir, todo el espacio público.

En un segundo momento se determinan los sentidos de circulación de los vehículos.



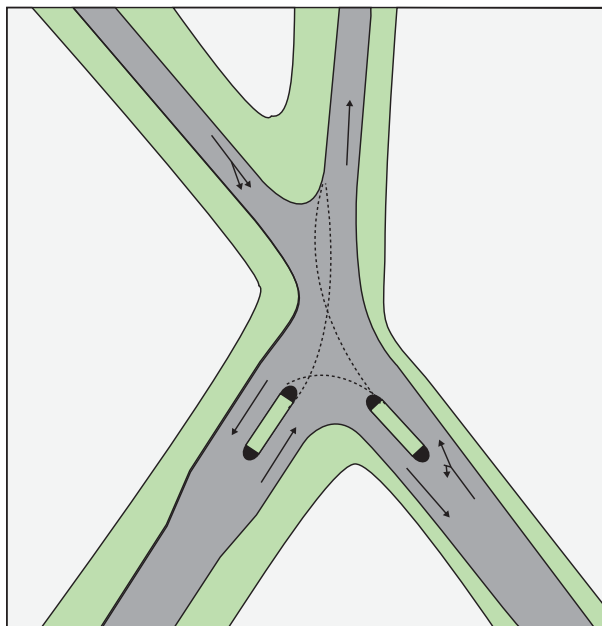
En la segunda etapa de diseño, se debe calibrar la intersección, determinando cuántos carriles existen en cada vía, si se necesitan carriles exclusivos para los giros a la izquierda, etc.

La calibración debe realizarse tomando en cuenta que obligatoriamente se debe guardar un mínimo de 2 m de acera en cada vía.



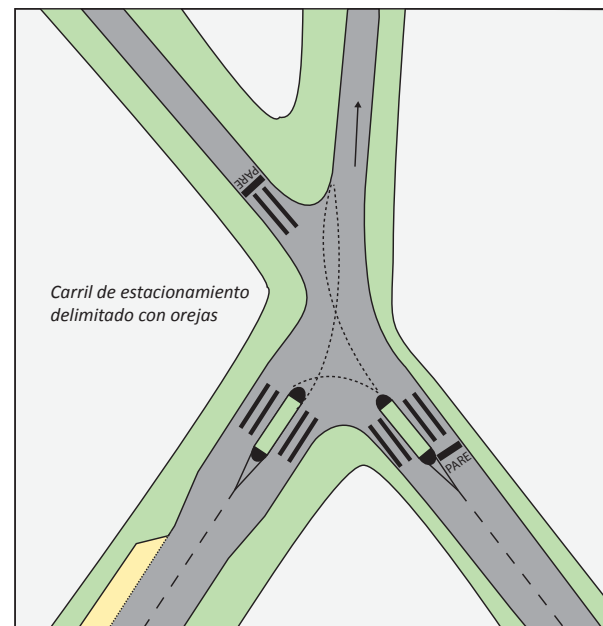
Una vez realizada la calibración de la intersección, se puede determinar los movimientos de los vehículos dentro del cruce. Y gracias a esto se puede definir el ancho útil para los vehículos y, por diferencia, los espacios que pueden convertirse en espacio peatonal. Al tener una intersección muy compacta se reduce el riesgo de accidentes y se mejora el funcionamiento del cruce.

Los radios de giros en el medio urbano tienen que oscilar entre 4 y 6 m.



Una vez determinado por dónde van a circular los vehículos se puede asignar todo el espacio no utilizado en acera.

El ancho de las vías mide entre 2,8 y 3 m. Si es una ruta de transporte masivo, excepcionalmente se puede ampliar a 3,5m.



Como última etapa, se habilita la intersección con señalización horizontal y vertical según el tipo de regulación (semáforo, prioridad con señalética de "Pare", etc.). Si los espacios son suficientes, se puede insertar carriles de estacionamiento enmarcados en orejas.

El ancho de un carril de estacionamiento lateral (2 m) es menor que el ancho de un carril de circulación (3m).

Anexo 3: Ejemplo de estudio teórico de rediseño de una plaza

1.- Diagnóstico

Situación general de la intersección y límites de intervención: El área de intervención se encuentra ubicada dentro del centro histórico de la ciudad de Sucre, en la zona del Cementerio, entre las calles J. M. Linares, Carlos Medinaceli, Regimiento Jordán y Junín. Los equipamientos en la proximidad de la intervención son la entrada al Cementerio General y la plaza Mujía.

Según el Programa Municipal de Transporte (PROMUT), las calles no tienen función especial en la jerarquía vial de la ciudad, es decir que son de tercer o cuarto nivel.

Infraestructura existente: La Plaza Mujía funciona como un distribuidor estructurante para el sector, todas las calles de acceso son de doble sentido, excepto la calle Junín que es solamente de salida. El área de intervención, presenta intersecciones de 6 carriles en cada punto de cruce; la calle Linares al norte de la Plaza Mujía es de doble sentido con un camellón al centro.

Las calzadas que circundan la Plaza Mujía, se presentan como calzadas amplias y tienen entre 6,5 y 15 m de ancho.

La señalización horizontal y vertical que existe en la zona del Cementerio es deficiente (pintura borrada, etc.).

Las aceras en el lugar tienen dimensiones mínimas (0,70m; 1,00m; 1,35m) en relación al flujo continuo de personas que concurren a esta zona. No existen pasos peatonales para seguridad de los mismos.

En el sector de la Plaza Mujía, el mobiliario urbano se encuentra deteriorado y la iluminación es deficiente.

Demanda en desplazamientos: La demanda de desplazamientos peatonales es alta, debido a la presencia del Cementerio General, pero también de los numerosos kioscos y otras tiendas que lo rodean. La puerta del Cementerio funciona como una pequeña centralidad urbana. La demanda de desplazamientos vinculada con el Cementerio es muy variable, según las horas o los días del año (fin de semana, fiestas religiosas, etc.).

Existe una gran demanda de estacionamiento por la proximidad del acceso del Cementerio, la demanda es intensa en algunas horas y días particulares (llegada de un carro fúnebre, fiesta de Todos Santos, etc.).

Varias líneas de transporte público circulan por la zona (línea 8, 4, A, B).



Vista A

Sucre: Cementerio General



Vista B

En la zona del Cementerio General de Sucre existe mucho espacio dedicado al vehículo, lo que genera problemas de seguridad, mala movilidad de los peatones y pérdida de la calidad urbanística del monumento.

2.- Identificación de los principales problemas

Para los peatones:

- Las aceras peatonales son estrechas y no satisfacen las necesidades de flujo peatonal, pues se trata de una zona muy concurrida.
- Los cruces de calzadas son demasiado amplios y no existe la señalización correspondiente, lo que pone en riesgo a los peatones.
- En general, en la zona, mucho espacio está dedicado a la calzada, generando más conflictos y menos espacio para los peatones.

Para el transporte público:

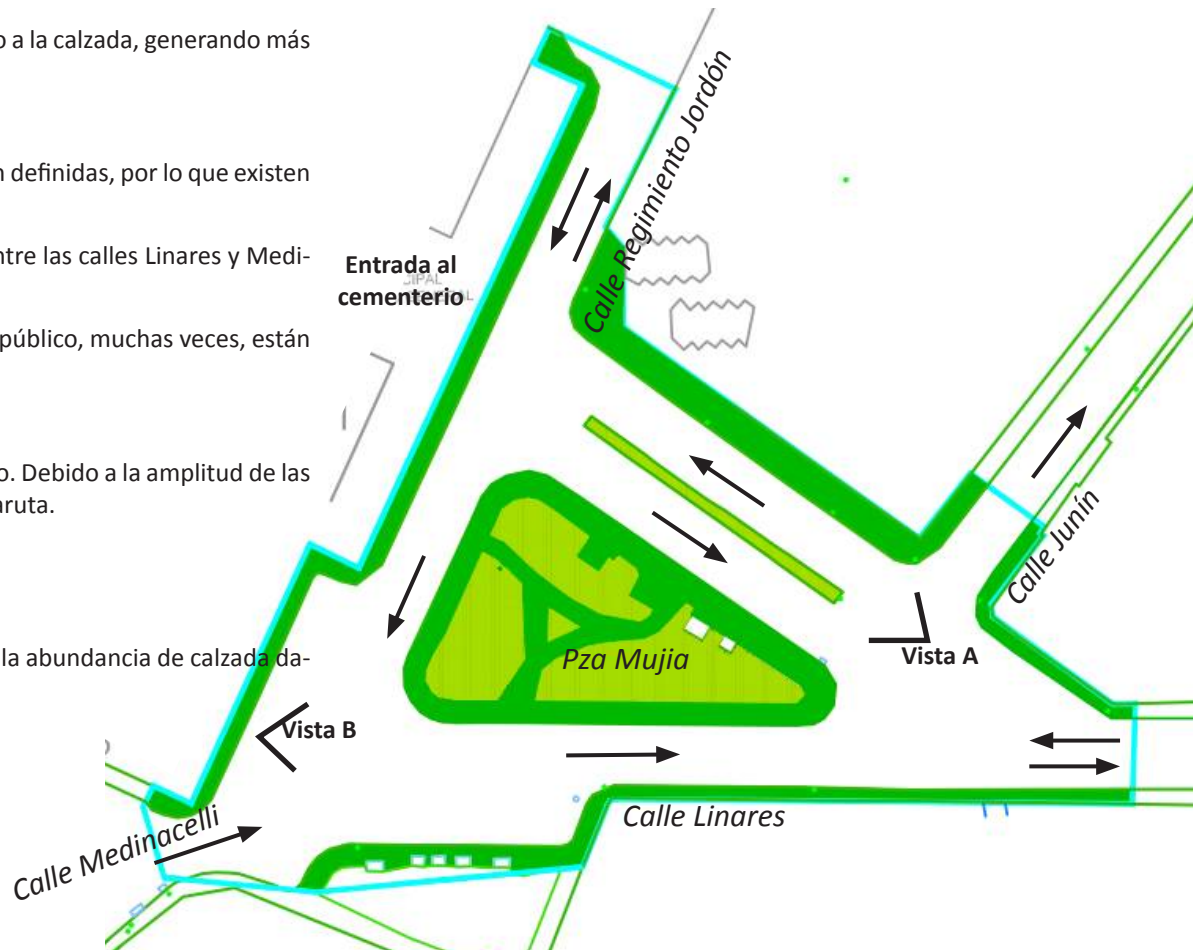
- Las paradas del transporte público no se encuentran definidas, por lo que existen demasiadas paradas naturales en sus rutas.
- El transporte público transita a altas velocidades entre las calles Linares y Medinaceli.
- Además los espacios de paradas para el transporte público, muchas veces, están ocupados por estacionamientos privados.

Para los vehículos privados:

- El flujo de vehículos motorizados privados es caótico. Debido a la amplitud de las calzadas, varios conductores usan las vías en contraruta.
- Existe estacionamiento en lugares indebidos.

Otros:

La fuerte concentración de estacionamientos, así como la abundancia de calzada dañan la vista sobre la puerta del Cementerio.



Situación actual de la Plaza Mujía de Sucre, se observa la importancia del espacio vehicular (en blanco) en comparación con los espacios peatonales (en verde).

3.- Determinación de los objetivos

Objetivos para los peatones:

- Otorgar seguridad y comodidad al peatón en su desplazamiento, principalmente facilitando los cruces.
- Mejorar la accesibilidad peatonal hacia el Cementerio.

Objetivos para el transporte público:

- Determinar espacios definidos para las paradas del transporte público.

Objetivos para los vehículos privados:

- Reorganizar los flujos de circulación, obligando a los conductores a seguir las rutas predeterminadas.
- Determinar espacios planificados para el estacionamiento del transporte privado (automóviles y motocicletas).

Otros objetivos:

- Mejorar la imagen urbana y visual de la puerta del Cementerio.
- Revalorizar la plaza Mujía.

4.- Elección de los principios de diseño

Principios de diseño para la movilidad vehicular:

Se conserva la plaza Mujía como distribuidor entre las diferentes calles de la zona. Sin embargo, se quiere efectivizar el funcionamiento de la plaza, creando una verdadera “plaza giratoria”. Por eso se plantea otorgar la prioridad a los vehículos que giran en la plaza y no a los que entran. Esta prioridad estará claramente definida con señalización vertical y horizontal de tipo “PARE”.

Como la plaza se transforma en plaza giratoria, el carril de la calle Linares es inútil por lo que se puede convertir en un espacio público peatonal. Por otra parte, dos isletas guadoras del tráfico pueden ser construidas en la calle Medinaceli y en la calle Junín. El estacionamiento para el transporte privado es claramente definido con orejas y señalización.

Principios de diseño para la movilidad peatonal:

Con el rediseño de la intersección, fácilmente se puede ampliar el espacio peatonal, mediante:

- Ampliación de las aceras.
- Creación de un paseo peatonal en el segundo carril de la calle Linares, mejorando la accesibilidad peatonal al Cementerio y reforzando la imagen urbana e identidad del sector.

Los cruces peatonales de avenida son mejorados por la implementación de orejas al borde de las aceras, de isletas al centro de la intersección y de la señalización adecuada con pintura termoplástica.

Los pasos peatonales, se acompañan con rampas para discapacitados amplias y de pendiente leve.



Principios de diseño para la movilidad del transporte público:

Es necesario crear tres paradas de transporte público en el sector de la plaza Mujía. Con la reducción de la calzada se espera lograr una reducción de la velocidad de los micros.

Medidas de acompañamiento y recomendaciones:

El rediseño del ingreso al Cementerio se ubica entre dos grandes proyectos del Distrito 1: la peatonalización de la calle Mupata y la creación del Mercado de Flores al sur del Cementerio, además de la reorganización de la plaza Oruro y de la avenida Bartolomé de las Casas al norte. Se necesita coordinar el desarrollo y ejecución de los diferentes proyectos, a fin de ofrecer una visión coherente para esta zona.

Controlar el estacionamiento, es necesario en el sector para proteger las paradas del transporte público.



Variante de rediseño (no validado por la Alcaldía de Sucre) –

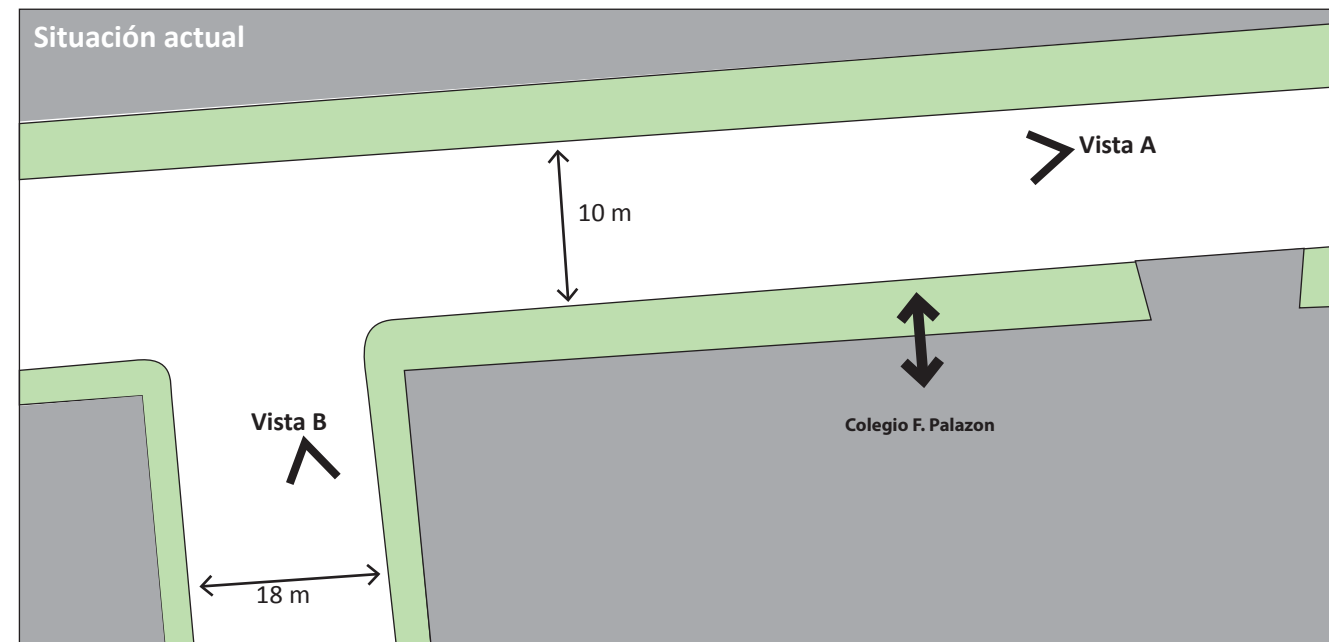
Rediseño de la Plaza Mujía de Sucre: las aceras han sido ampliadas, una calle se transformó en vía peatonal de acceso al Cementerio, las isletas peatonales permiten dar seguridad al peatón en los cruces y ordenar el tráfico. Se determinó lugares específicos de estacionamiento.

Anexo 4: Ejemplo de rediseño del acceso a una escuela

El Colegio F. Palazon en la ciudad de Tarija, está ubicado en plena zona industrial, entre la fábrica La Cascada y una cervecería. El colegio tiene graves problemas de seguridad por la velocidad y la intensidad del tráfico pesado y liviano, además del caos generado por el estacionamiento de los padres de familia. La infraestructura actual cuenta con:

- Calzadas muy anchas (18 y 10 m).
- Aceras en mal estado y, en muchos casos, ausentes (casa que sale de su línea de nivel).

El error fundamental en este caso, fue permitir la instalación de una escuela en una zona industrial; no obstante, medidas constructivas podrían mejorar la seguridad en la zona. Reducir el ancho de las calzadas, acortar los cruces peatonales y limitar el estacionamiento desordenado son medidas básicas que tendrían un alto impacto en el área.

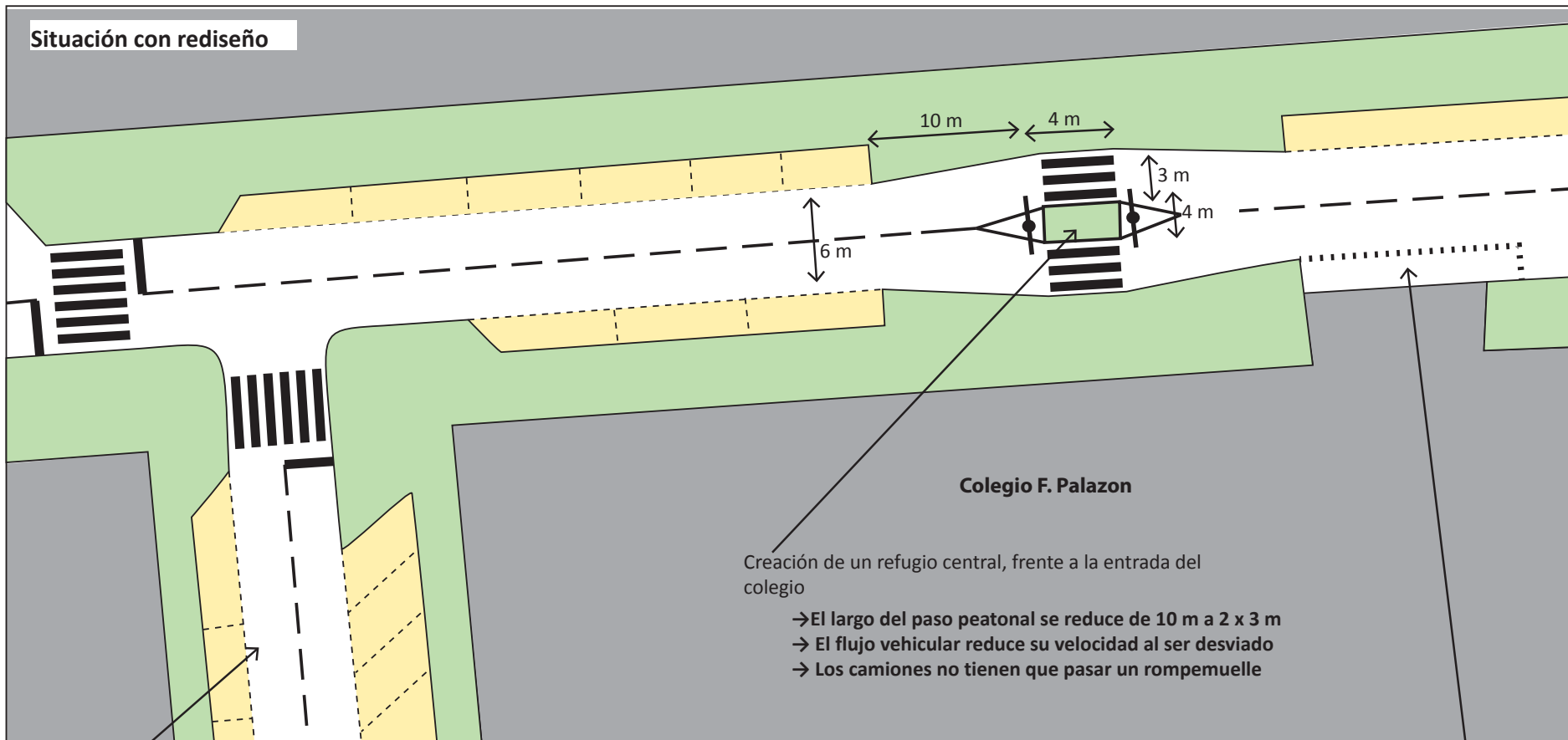


Tarija: Colegio F. Palazon

Objetivos del rediseño:
Ofrecer un alto nivel de circulación a los vehículos pesados (zona industrial).

Brindar cruces peatonales y aceras con seguridad.

Ordenar el estacionamiento.



Delimitación de las plazas de estacionamiento lateral y a 45° con orejas

- El largo del paso peatonal se reduce de 18 m a 6 m
- El estacionamiento está claramente definido. Como la calzada está reducida al ancho necesario, los autos ya no pueden parar en cualquier lugar

Implementación de bolardos alrededor de la casa que sale de línea

- La acera es continua

Fuente: Promut de Tarija

Anexo 5: Hoja de aforos de vehículos

Contar con una evaluación de los flujos de tráfico en una intersección es indispensable para su diseño. En particular, se necesita aforos detallados para calibrar los semáforos. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que un aforo muestra una realidad momentánea y no una verdad absoluta.

Para elaborar aforos los más representativos posibles, existen ciertas reglas:

- Es indispensable hacerlo un día lo más “normal” posible (sin vacación, sin bloqueo, sin cierre de vía por obra, etc.), generalmente los martes, miércoles o jueves.
- Cada flujo de circulación se cuenta por separado, así como cada tipo de movilidad (auto, minibus, micro, moto, etc.).
- Normalmente se cuenta 1 h en hora pico de la mañana o de la tarde.
- Cada encuestador puede contar de 1 a 4 flujos diferentes. El número de flujos por encuestador se evalúa en función del área y del uso de la intersección.
- Es más fácil si un encuestador cuenta flujos contrapuestos; es decir, que no pasan al mismo tiempo.
- Es muy importante que todos los encuestadores inicien el conteo al mismo tiempo y que cuenten precisamente 60 minutos.
- Los conteos se realizan por periodos de 15 minutos, para poder determinar los 15 minutos pico. Por eso, se necesita un hoja de aforo por cada 15 minutos.
- Es necesario ubicar muy bien las calles en el croquis (para evitar incertidumbres de vuelta a la oficina).
- En las rotondas, cada encuestador cuenta una “entrada” a la rotonda.
- En caso de que la intersección sea muy grande, se puede prever un aforo con video.

Luego, se trata de agregar los diferentes tipos de vehículos. Cada vehículo es evaluado en función de su impacto sobre el tráfico, por eso, se usan factores de conversión:

- Vehículo privado y taxi = 1 pt.
- Camión = 2 pt.
- Minibus y micro = 1,5 pt.
- Motocicletas = 0,5 pt.
- Bicicletas = 0,33 pt.



Aforo de tráfico en intersección

Lugar :

Fecha :

Hora :

Encuestador :

Croquis de la intersección :



Vehículos por 15 minutos	Fujo 5 ↓	Flujo 8 ←	Flujo 12 ↖
Auto privado			
Moto			
Minibus			
Taxi			
Truffi			
Micro			
Camión			
Bicicleta			

Anexo 6: Dimensionamiento del giro a la izquierda

Los giros a la izquierda son los flujos más complicados para la circulación vehicular y para la gestión del tráfico, porque:

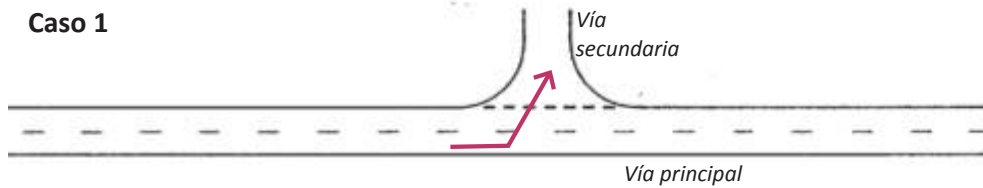
- Reducen capacidad, pues “cortan el paso “ a todos los otros usuarios de la vía.
- Pueden ser peligrosos cuando un vehículo se detiene en medio de la calle para poder cruzar.

La siguiente metodología permite determinar cuando un giro a la izquierda, desde la vía principal hacia una calle secundaria, necesita infraestructura dedicada para preservar la seguridad y el tránsito sobre el eje principal.



“10% de los accidentes en motocicleta ocurrieron por un vehículo que giraba a la izquierda”.

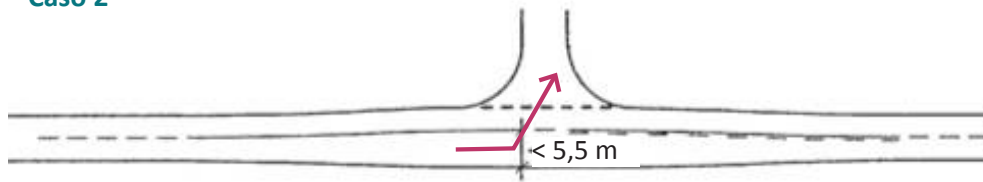
Caso 1



Si el flujo total del eje principal es inferior a 400 vehículos por hora o si el flujo que gira a la izquierda es menor a 20 vehículos por hora:

No se debe prever ninguna infraestructura para el giro a la izquierda.

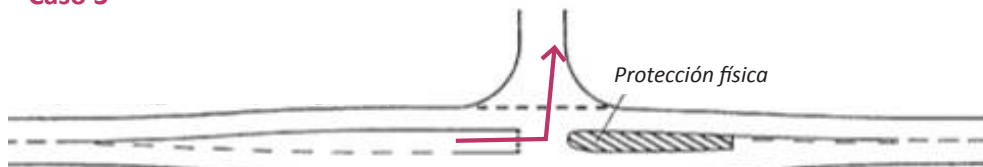
Caso 2



Si el flujo total del eje es de 400 a 500 vehículos por hora o si el flujo que gira a la izquierda es de 20 a 50 vehículos por hora:

Se prevé un sobreebanco de calzada (menor a 5,5 m).

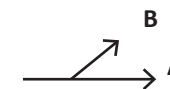
Caso 3



Si el flujo total del eje es superior a 600 vehículos por hora o si el flujo que gira a la izquierda es superior a 50 vehículos por hora:

Se debe constituir un carril exclusivo para el giro a la izquierda con protección física.

	Tráfico total por hora (carril del eje principal) - A + B						
Flujo que gira a la izquierda por hora - B	<100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	>600
> 50 vehículos / hora	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 3
20 - 50 vehículos / hora	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 2	Caso 2	Caso 2
< 20 vehículos / hora	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 1



Fuente: «Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen»

Anexo 7: Calibración de un semáforo

1.- Contar con aforos de los flujos de circulación

Un aforo del tráfico, flujo por flujo, es indispensable para calibrar los semáforos. Los aforos deben realizarse en una hora pico (mañana, mediodía o tarde) para contar con una buena estimación del tráfico diario.

2.- Calibrar la intersección

En función del espacio disponible en la intersección, se trata de determinar el número de carriles en cada entrada y salida de la intersección. Si se puede y si es necesario, se debe prever un carril dedicado al giro a la izquierda.

En la calibración, nunca debe existir más carriles de entrada que de salida; de lo contrario, se generarán conflictos en la intersección.

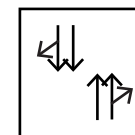
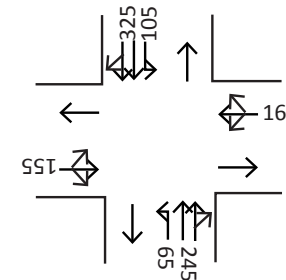
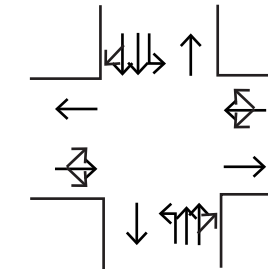
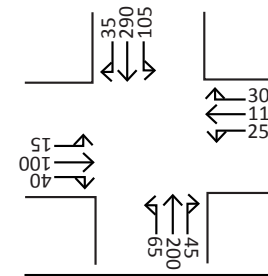
3.- Atribuir los flujos de tráfico a los carriles de circulación

En esta tercera etapa, se deben agregar los flujos en función de los carriles de circulación. Todos los flujos que comparten el mismo carril se encuentran agrupados. Por ejemplo, si el giro a la derecha y los vehículos que van recto comparten el mismo carril se trata de agregar los flujos “derecha” y “recto”.

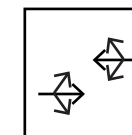
4.- Proponer un esquema de calibración

Por cada intersección se pueden proponer diferentes esquemas de calibración, o sea diferentes sucesiones de fase del semáforo hasta hacer transitar todos los flujos de la intersección. En cada ciclo se debe incluir una fase peatonal, donde los peatones pueden cruzar sin conflicto con los vehículos.

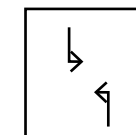
Para optimizar el semáforo se debe evaluar varias soluciones de esquema de calibración.



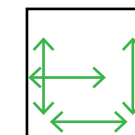
Fase 1
Flujo principal



Fase 2 :
Flujo
secundario



Fase 3 :
Giros a la
izquierda

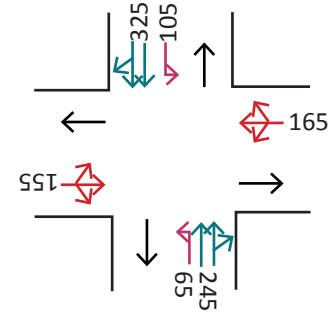


Fase 4 :
Fase peatonal



5.- Determinar el “flujo determinante” en cada fase

En cada fase, existe un mayor flujo a los otros y se denomina “flujo determinante”. Es el flujo de circulación que tomará más tiempo para pasar y para el cual se tiene que realizar el cálculo.



6.- Calcular la capacidad (fuente de fórmulas, según que institución)

En principio, se debe determinar el tiempo del ciclo (la adición de todas las fases) : entre 60 y 120 segundos. Se escoge un tiempo mayor para las intersecciones grandes y tiempos más cortos para las intersecciones pequeñas. Por tanto, si el tiempo de ciclo es corto, los usuarios (motorizados y peatones) esperan menos, pero la intersección pierde su capacidad.

- Si el tiempo de ciclo es de 60 segundos, habrá 60 ciclos en una hora.
- Si el tiempo de ciclo es de 90 segundos, habrá 40 ciclos en una hora.
- Si el tiempo de ciclo es de 120 segundos, habrá 30 ciclos en una hora. En nuestro ejemplo se considera un ciclo de 90 segundos, o sea 40 ciclos por hora.

El tiempo para el paso de cada flujo se calcula así: **(tráfico determinante / número de carriles / número de ciclos por hora) x 2 segundos**. Cada auto necesita 2 segundos para arrancar y cruzar la intersección.

El tiempo para la fase peatonal se calcula así: **ancho del cruce mayor x velocidad de los peatones (1 m/s)**.

El tiempo mínimo de una fase es de 7 segundos.

Entre cada fase, se incluye un tiempo de seguridad de 5 segundos. Durante este tiempo, el semáforo está en rojo para todos los flujos.

	Cálculo	Tiempo de ciclo
Fase 1 : flujo principal	(325 veh. / 2 carriles) / 40 ciclos/hora x 2 segundos =	9 seg.
Tiempo de seguridad		5 seg.
Fase 2 : flujo secundario	(165 / 1) / 40 x 2 =	9 seg.
Tiempo de seguridad		5 seg.
Fase 3 : giros a la izquierda	(105 / 1) / 40 x 2 =	7 seg. (tiempo mínimo)
Tiempo de seguridad		5 seg.
Fase 4 : fase peatonal	12 m x 1 (m/s) =	12 seg.
Tiempo de seguridad		5 seg.
		57 segundos

La capacidad de la intersección se calcula así:

Suma de los tiempos de fases y de seguridad / tiempo del ciclo x 100.

En nuestro caso, la capacidad es de $57/90 = 63\%$. Esta capacidad utilizada es muy baja, por lo que para optimizar la gestión de la intersección se podría:

- Reducir a 60 segundos el tiempo de ciclo (capacidad utilizada = 95%).
- Disminuir el número de carriles para el flujo principal a sólo uno (capacidad utilizada = 72%).

8. Bibliografía

En español :

Manual de vías y espacios públicos, Gobierno Municipal de Sucre, 2014

Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile :

Manuales : <http://www.conaset.cl/manuales.html>

En particular :
 "Facilidades explícitas para peatones y ciclistas"
 "Medidas de tráfico calmado - Guía práctica", 2010
 "Tratamiento de puntos negros con medidas correctivas de bajo costo – Metodología", 2008

Fichas : <http://www.conaset.cl/fichas-para-la-accion.html>

En particular :
 "Reductores de velocidad : resaltos"
 "Ciclovías"
 "Islas peatonales"
 "Mini rotondas"
 "Carretera que perdonan"
 Etc.

"Manual para el diseño de vías ciclistas de Cataluña", Generalitat de Catalunya, 2008
<http://www.laciudadde lasbicis.com/documentos/recursos/documentos/manualParaElDisenoDeViasDeCataluna.pdf>

"Guía práctica de la movilidad peatonal urbana", Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, 2006

"La bicicleta como medio de transporte - Directrices para su implantación", Diputación Foral de Bizkaia, 2002
<http://www.laciudadde lasbicis.com/documentos/recursos/documentos/Manual-GuiaPracticaSobreElDisenoDeRutasCiclables.pdf>

"Calmar el tráfico", Ministerio de Fomento, España, 1998

En otras idiomas :

"Abu Dhabi urban street design manual", Abu Dhabi Urban Planning Council, 2010
[http://www.upc.gov.ae/template/upc/pdf/Street%20Design%20Manual%20English%20\(small%20FINAL\).pdf](http://www.upc.gov.ae/template/upc/pdf/Street%20Design%20Manual%20English%20(small%20FINAL).pdf)

"Street design manual 2002", City of San Diego, 2002
<http://www.sandiego.gov/publicworks/pdf/edocref/streetdesignmanual02.pdf>

Liveable neighbourhoods, street layout, design and traffic management guidelines, Western Australian Planning Commission, 2000
http://www.planning.wa.gov.au/dop_pub_pdf/Intmg.pdf

"Aménager la voirie - 10 principes essentiels pour la sécurité", CERTU, France, 2012

"Carrefours urbains", CERTU, France, 2010

"Le profil en travers - Outil du partage des voiries urbaines", CERTU, France, 2009

Fichas del Certu : pistes cyclables, sas vélo, contre-sens cyclable, etc.
<http://www.certu.fr/les-fiches-mobilite-et-transport-r192.html>

"Tram, bus, manuel de bonnes pratiques pour un réseau performant", Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles, 2007
http://www.stib-mivb.be/irj/go/km/docs/STIB-MIVB/INTERNET/attachments/vicom/vicom_fr_1.pdf

"RASt-06 FGSV-D, Richtlineien für die Anlagen von Stadtstrassen", Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Alemania, 2006. Informaciones : hotz68@bluewin.ch

Sitios de consulta :

<http://www.transportphoto.net> : impresionante colección de fotos sobre movilidad urbana en todo el mundo.

<http://www.sutp.org/en-dn-th> : Sustainable Urban Transport Project, numerosas recursos documentarios sobre movilidad urbana.