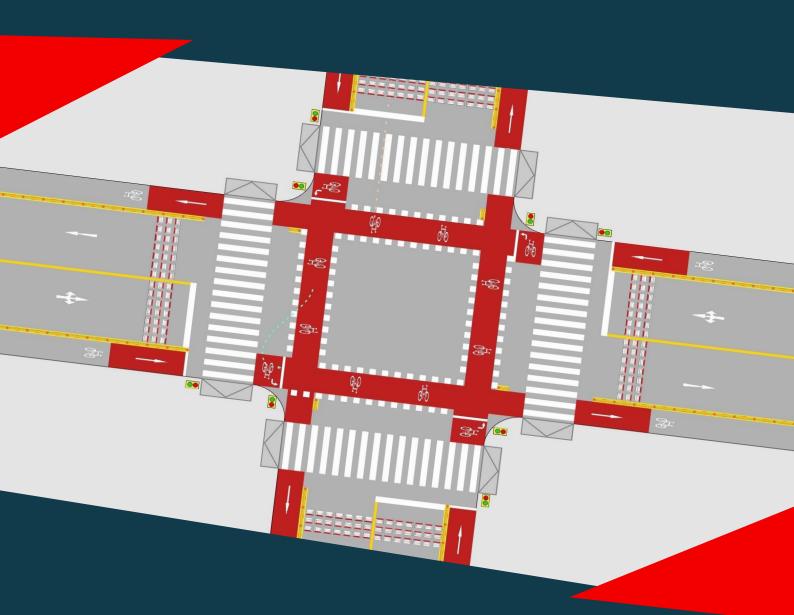


GUÍA PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA EN INTERSECCIONES



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Programa Nacional de Transporte Urbano Sostenible PROMOVILIDAD

Jr. Zorritos 1203 - C.P. 15082 - Lima - Perú

www.gob.pe/mtc



GUÍA PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA EN INTERSECCIONES

© Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Programa Nacional de Transporte Urbano Sostenible - PROMOVILIDAD - Jirón Zorritos 1203, Cercado de Lima. www.gob.pe/mtc

Se agradece a la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del Proyecto "Transporte Urbano Sostenible en Ciudades Intermedias - DKTI"*, el apoyo brindado para la elaboración de este documento.

Contenidos:

Mario Guillermo Candia Martínez (TRANSIS E.I.R.L.) Jordi Parés i Estela (INTRA, Ingeniería de Tráfico S.L.) Seyla Gricel Berrio Gonzales (TRANSIS E.I.R.L.) Emeka Okpala González (INTRA, Ingeniería de Tráfico S.L.) Miguel Armando Peláez Hinostroza (TRANSIS E.I.R.L.) Nayda Chavez Ferrel (TRANSIS E.I.R.L.) Jehemias Quispe Quispealaya (TRANSIS E.I.R.L.)

Primera edición: Julio 2021

(*) El Proyecto "Transporte Urbano Sostenible en Ciudades Intermedias - DKTI" es financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.



Cita sugerida para este documento:

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2021). Guía para el Diseño de Infraestructura Ciclista en Intersecciones (Eds. M. Candia, J. Parés & E. Okpala). Lima, Perú.

Tabla de Contenidos

1	ANT	ECEDENTES	13
2	MAR	CO LEGAL	15
3	INTR	ODUCCIÓN	18
4	GEN	ERALIDADES	20
4.1	Estra	ategias para la Representación Inclusiva	21
4.2	Usua	arios Vulnerables	21
4.3	Inter	secciones Seguras	21
4.4	Inter	secciones Coherentes	25
4.5	Inter	secciones Directas	25
4.6	Ilumi	nación	26
4.7	Tipo	s de Infraestructura para Ciclistas	26
	4.7.1	Ciclovías	28
	4.7.2	Cicloacera	29
	4.7.3	Ciclocarril	30
	4.7.4	Ciclosendas	31
5	CON	SIDERACIONES PREVIAS	32
5.1	Cons	sideraciones Para Embarque y Desembarque de Pasajeros	33
5.2	Cons	sideraciones Para Calmado de Tráfico en Intersecciones con Ciclovía	s38
5.3	Crite	erios Generales para Implementar el Cajón Bici y Cajón Bici para Giro	os en
Do	s Etapas	5	43
	5.3.1	Cajón Bici	44
	5.3.2	Cajón Bici para Giro en Dos Etapas	47
6	INTE	RSECCIONES	50
6.1	Func	lamentos	51

6.2	Ficha	s para Intersecciones No Semaforizadas54	
6.3	Ficha	s para Intersecciones Semaforizadas62	
7	SEÑA	LIZACIÓN101	
7.1	Mant	enimiento de la Señalización 102	
7.2	Socia	lización 102	
7.3	Señal	ización Vertical103	
,	7.3.1	Pare (R-1)	
	7.3.2	Vía Segregada Motorizados – Bicicletas (R-58A – R-58B)	
	7.3.3	Vía Compartida	
	7.3.4	Zona 30	
	7.3.5	Reducción del Carril Externo al Lado Derecho (P-18A)	
	7.3.6	Ubicación de Reductor de Velocidad Tipo Resalto (P-33B)110	
	7.3.7	Ubicación Cruce de Ciclistas (P-46B)111	
	7.3.8	Vehículos en la Ciclovía (P-46C)	
	7.3.9	Proximidad de Cruce Peatonal (P-48A)113	
	7.3.10	Cruce Peatonal (P-48B)	
	7.3.11	Ciclovía "Circulación no Compartida Bicicleta – Peatón" (R-42C)115	
	7.3.12	Señal Ciclovía (R-42)	
	7.3.13	Señal Ciclovía "Conserve la Derecha" (R-42A)117	
	7.3.14	Señal Ciclovía "Obligatorio Descender de la Bicicleta" (R-42B)118	
7.4	Marca	as en el Pavimento o Demarcaciones119	
	7.4.1	Flechas Direccionales	
	7.4.2	Pictograma de Bicicleta	
	7.4.3	Cajones Bici para Giros en Dos Etapas para Bicicletas122	
	7.4.4	Cajón Bici	
	7.4.5	Prioridad Para Ciclistas en Vía Compartida	
	7.4.6	Barra de Pare o Línea de Retención	
	747	Levenda "PARF"	

	7.4.8	Demarcación de Límite de Ciclovía/Ciclocarril	126
7.5	Eleme	entos Segregadores	127
	7.5.1	Bordillos No Traspasables	127
	7.5.2	Bolardos	128
	7.5.3	Disposición de Bolardos y Bordillos sobre Demarcación de Limite de Ciclovía	129
8	SEMA	AFORIZACIÓN	130
8.1	Conc	eptos de Normativas Nacionales e Internacionales	131
	8.1.1	Compatibilidad entre Geometría y Semaforización	131
	8.1.2	Ubicación de Semáforos	131
	8.1.3	Segregación de Movimientos	132
	8.1.4	Orden de Fases Semafóricas	132
	8.1.5	Tiempo de evacuación	132
	8.1.6	Proveedores de Semáforos:	133
	8.1.7	Efectos de la Tecnología:	133
	8.1.8	Tipos de Semáforos:	133
8.2	Alteri	nativas Tecnológicas de Semaforización	135
8.3	Mode	elos Típicos de Semaforización para Bicicletas	136
8.4	Diseñ	io de la Semaforización	137
8.5	Esque	emas Típicos de Semaforización	139
	8.5.1	Sin Semáforo para Ciclistas	139
	8.5.1.1	Esquema de Semaforización 1	139
	8.5.1.2	2 Esquema de Semaforización 2	140
	8.5.1.3	B Esquema de Semaforización 3	141
	8.5.1.4	Esquema de Semaforización 4	142
	8.5.1.5	5 Esquema de Semaforización 5	143
	8.5.1.6	Esquema de Semaforización 6	143
	8.5.2	Con Semáforo para Ciclistas y Fase Compartida	144
	8.5.2.1	Esquema de Semaforización 7	144

	8.5.2.2	Esquema de Semaforización 8	145
	8.5.2.3	Esquema de Semaforización 9	146
	8.5.2.4	Esquema de Semaforización 10	147
	8.5.2.5	Esquema de Semaforización 11	148
	8.5.2.6	Esquema de Semaforización 12	149
	8.5.3	Con Semáforo para Ciclistas y Fase Exclusiva	150
	8.5.3.1	Esquema de Semaforización 13	150
	8.5.3.2	Esquema de Semaforización 14	151
	8.5.3.3	Esquema de Semaforización 15	152
	8.5.3.4	Esquema de Semaforización 16	153
9	ESPEC	IFICACIONES TÉCNICAS PARA SEMÁFOROS	154
9.1	Genera	alidades	155
9.2	Materi	ales	155
	9.2.1	Cuerpo de Semáforo	155
	9.2.1.1	Tipo de Material	155
	9.2.1.2	Viseras	156
	9.2.1.3	Conductores y Borneras	156
	9.2.1.4	Soportes	156
	9.2.1.5	Módulo Luminoso Tipo Led	156
	9.2.1.6	Caja	156
	9.2.1.7	Lente	156
	9.2.2	Controladores	157
	9.2.2.1	Características Generales y Modos de Funcionamiento	157
	9.2.2.2	Ciclos y Fases	157
	9.2.2.3	Corte en el Suministro de Energía Eléctrica	157
	9.2.3	Postes	157
9.3	Ubicac	ión	158
	931	Uhicación Vertical	158

	9.3.2	Ubicación Horizontal	158
9.4	Garar	ntía	159
9.5	Requ	erimientos para su Instalación	160
	9.5.1	Beneficios de los Semáforos para Bicicletas	160
	9.5.2	Aplicaciones Típicas	160
	9.5.3	Guía de Implementación	160
	9.5.3.1	Requeridos	161
	9.5.3.2	Recomendados	163
	9.5.3.3	3 Opcionales	164
9.6	Opera	ación y Mantenimiento de los Semáforos	164
	9.6.1	Operación	164
	9.6.2	Mantenimiento	167
9.7	Prove	edores	168
10	BIBLE	OGRAFÍA	169

Lista de Figuras

Figura 1.	Ciclovía Lateral	28
Figura 2.	Ciclovía Central Bidireccional	29
Figura 3.	Cicloacera Unidireccional	29
Figura 4.	Cicloacera Bidireccional	30
Figura 5.	Vía Compartida de un Carril de Circulación	30
Figura 6.	Vía Compartida de Dos Carriles de Circulación en el Mismo Sentido	o 31
Figura 7.	Ciclosenda	31
Figura 8.	Giro Directo (Una Fase) vs. Giro Indirecto (Dos Fases)	43
Figura 9.	Ejemplo de Cajón Bici para Giro de Ciclista	45
Figura 10.	Ejemplos de Aplicación en Territorios Internacionales	46
Figura 11.	Ejemplo de Cajón Bici para Giro en Dos Etapas	48
Figura 12.	Ejemplo en Territorio Internacional (EE.UU.)	49
Figura 13.	Pare (R-1)	104
Figura 14.	Vía Segregada Motorizados (R-58A)	105
Figura 15.	Vía Segregada Motorizados (R-58B)	106
Figura 16.	Vía Compartida	107
Figura 17.	Zona 30	108
Figura 18.	Reducción del Carril Externo al Lado Derecho (P-18A)	109
Figura 19.	Ubicación de Reductor de Velocidad Tipo Resalto (P-33B)	110
Figura 20.	Cruce Peatonal (P-46B)	111
Figura 21.	Vehículos en la Ciclovía (P-46C)	112
Figura 22.	Cruce Peatonal (P-48A)	113
Figura 23.	Cruce Peatonal (P-48B)	114

Figura 24.	Circulación no Compartida Bicicleta – Peaton (R-42C) 115
Figura 25.	Ciclovía (R-42)116
Figura 26.	Conserve la Derecha (R-42A)
Figura 27.	Obligatorio Descender de la Bicicleta (R-42B) 118
Figura 28.	Flecha Direccional en Ciclovías 120
Figura 29.	Pictograma de Bicicleta121
Figura 30.	Cajón Bici para Giros en Dos Etapas para Bicicletas 122
Figura 31.	Caja Bici
Figura 32.	Prioridad para Ciclistas en Vía Compartida 124
Figura 33.	Barra de Retención en Ciclovías 125
Figura 34.	Pare en Ciclovías 125
Figura 35.	Demarcación de Límite de Ciclovía/Ciclocarril 126
Figura 36.	Ejemplo de Bordillos No Traspasables 127
Figura 37.	Ejemplo de Bolardos Flexibles128
Figura 38.	Ejemplo de Disposición de Elementos Segregadores 129
Figura 39. General	Alternativas Tecnológicas de Semaforización para Intersecciones en
Figura 40.	Alternativas Tecnológicas de Semaforización para Bicicletas 136
Figura 41.	Diagrama NEMA Típico
Figura 42.	Esquema de Semaforización NEMA - 1139
Figura 43.	Esquema de Semaforización NEMA - 2140
Figura 44.	Esquema de Semaforización NEMA - 3141
Figura 45.	Esquema de Semaforización NEMA - 4142
Figura 46.	Esquema de Semaforización NEMA - 5143
Figura 47.	Esquema de Semaforización NEMA - 6143

Figura 48.	Esquema de Semaforización NEMA - 7	144
Figura 49.	Esquema de Semaforización NEMA - 8	145
Figura 50.	Esquema de Semaforización NEMA - 9	146
Figura 51.	Esquema de Semaforización NEMA - 10	147
Figura 52.	Esquema de Semaforización NEMA - 11	148
Figura 53.	Esquema de Semaforización NEMA - 12	149
Figura 54.	Esquema de Semaforización NEMA - 13	150
Figura 55.	Esquema de Semaforización NEMA - 14	151
Figura 56.	Esquema de Semaforización NEMA - 15	152
Figura 57.	Esquema de Semaforización NEMA - 16	153
Figura 58.	Ubicación Horizontal de Semáforo	159
Figura 59.	Semáforos para Bicicletas - Formatos Recomendados	161
Figura 60.	Semáforos para Bicicletas – Ubicación Aproximada Recomendada	162

Lista de Tablas

Tabla 1.	Requerimientos Geométricos Recomendados (metros)	26
Tabla 2.	Descripción de la Infraestructura Ciclista	27
Tabla 3.	Consideraciones para Embarque y Desembarque de Pasajeros	34
Tabla 4. Ciclovías	Consideraciones para Calmado de Tráfico en Intersecciones	
Tabla 5.	Fichas de Infraestructura Ciclista	53
Tabla 6.	Ubicación Vertical de Semáforos	158

1 ANTECEDENTES

Mediante Decreto Supremo N° 027-2019-MTC del 28 de julio de 2019, se crea el Programa Nacional de Transporte Urbano Sostenible (PROMOVILIDAD), con el objetivo general de promover Sistemas Integrados de Transporte en las ciudades de su ámbito de intervención, con un enfoque de movilidad urbana sostenible.

Entre los objetivos específicos de PROMOVILIDAD se incluyen:

- a) Contribuir a mejorar las capacidades institucionales y técnicas de los gobiernos locales para el desarrollo y gestión del transporte urbano.
- b) Apoyar en el planeamiento, formulación de estudios y expedientes técnicos de inversiones y acciones en transporte y tránsito urbano, así como realizar el seguimiento y evaluación de su ejecución en el marco de sus objetivos y finalidad.
- c) Impulsar la ejecución de acciones e inversiones que resulten del planeamiento del transporte urbano en los gobiernos locales a través de su gestión y cofinanciamiento, en el marco de la capacidad presupuestal.

Mediante Resolución Ministerial N° 1073-2019-MTC/01 del 21 de noviembre de 2019, se aprueba el Manual de Operaciones de PROMOVILIDAD que incluye:

- a) Gestión de la información.
- b) Gestión del fortalecimiento institucional de gobiernos locales.
- c) Gestión de la planificación de la movilidad.
- d) Gestión de las inversiones.

En el marco de la cooperación técnica a través del proyecto "Transporte Urbano Sostenible en Ciudades Intermedias/DKTI", se prioriza la implementación de Medidas de Movilidad Urbana Sostenible y el fortalecimiento institucional para la gestión del transporte urbano.

Al respecto, la GIZ tiene el compromiso de brindar asistencia técnica para mejorar los Sistemas Integrados de Transporte y para implementar Medidas de Movilidad Urbana Sostenible, en ese sentido se desarrolla la presente Guía Técnica que se enfoca en intersecciones sobre redes ciclistas en ciudades intermedias del Perú.

2 MARCO LEGAL

Nacional

- Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972, del 26 de mayo del 2003:
 Define a los gobiernos locales como entidades autónomas y básicas de la organización territorial del Estado.
- Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, del 13 de octubre del 2005: Establece el derecho de los ciudadanos a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado y establece el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental.
- Decreto Supremo N° 034-2008- MTC., del 24 de octubre del 2008: Aprueba el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.
- Decreto Supremo Nº 033-2001-MTC, del 28 de enero del 2011: Aprueba el Reglamento Nacional de Tránsito.
- Ley N° 30936, del 24 de abril del 2019: Promueve y regula el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible.
- Resolución Ministerial N° 308-2019 MTC/01.02, del 26 de abril del 2019:
 Define el Reglamento de la Ley N° 27181, Ley General de Transporte y
 Tránsito Terrestre, que indica que la acción estatal en materia de transporte
 y tránsito terrestre se orienta a la satisfacción de las necesidades de los
 usuarios y al resguardo de sus condiciones de seguridad y salud.
- Decreto Supremo N° 027-2019-MTC, del 28 de julio del 2019: Crea el Programa Nacional de Transporte Urbano Sostenible – PROMOVILIDAD con el objetivo de impulsar la promoción de sistemas integrados de transporte en las ciudades del interior del país, con un enfoque de movilidad urbana sostenible.
- Resolución Ministerial N° 1073-2019-MTC/01, del 21 de noviembre de 2019: Aprueba el Manual de Operaciones de PROMOVILIDAD.
- Decreto Supremo Nº 008-2020-SA, del 11 de marzo del 2020: Declara Emergencia Sanitaria a nivel nacional, por el plazo de noventa (90) días calendario y se dictan medidas de prevención y control del COVID-19.
- Decreto Supremo 012-2020-MTC, del 3 de junio del 2020: Aprueba el Reglamento de la Ley N° 30936, modifica el Reglamento Nacional de Tránsito

- (Decreto Supremo N° 033-2001-MTC) y el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial (Decreto Supremo N° 034-2008- MTC).
- Resolución Ministerial Nº 0694-2020-MTC/01.02, del 12 de octubre del 2020: Aprueba la Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible No Motorizado.

3 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como finalidad orientar en forma práctica el tratamiento de intersecciones sobre las redes ciclistas. Esta guía incluye consideraciones, diagramas de aplicaciones típicas, especificaciones técnicas, señalización y semaforización para intersecciones con redes ciclistas. La aplicación de esta guía se extiende a intersecciones semaforizadas, no semaforizadas e intersecciones rotatorias. Esta guía presenta soluciones típicas que deberán ser adecuadas y ajustadas a condiciones locales. Adicionalmente, esta guía podrá ser complementada con los lineamientos del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Este documento está dividido en las siguientes secciones:

1 - ANTECEDENTES
2 - MARCO LEGAL
3 - INTRODUCCIÓN
4 - GENERALIDADES
5 - CONSIDERACIONES PREVIAS
6 - INTERSECCIONES
7- SEÑALIZACIÓN
8 - SEMAFORIZACIÓN
9 - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
10 - BIBLIOGRAFÍA

4 GENERALIDADES

Los siguientes criterios deben considerarse durante el proceso de planificación, diseño e implementación de ciclovías en intersecciones.

4.1 Estrategias para la Representación Inclusiva

Se recomienda promover la representación inclusiva en la infraestructura en situaciones donde se requiera colocar carteles informativos, entrega de afiches, logos propios de la ciudad, entre otros. Cabe notar que en la actualidad los logos y figuras que se pintan en las vías deben cumplir la normativa vigente.

4.2 Usuarios Vulnerables

Se recomienda considerar en todo momento la disponibilidad de espacios adecuados para peatones y personas con movilidad reducida. En algunos casos las personas con movilidad reducida requieren acceder a vehículos al borde de la calzada en zonas que podrían entrar en conflicto con ciclovías. Se deben considerar espacios libres y seguros que permitan a este tipo de usuarios acceder a vehículos sin que los elementos segregadores ciclistas bloqueen el acceso. Esta guía presenta una sección denominada Consideraciones de Embarque y Desembarque de Pasajeros donde se proporcionan algunos esquemas para atender esta necesidad.

4.3 Intersecciones Seguras

Para lograr una ciclovía segura en el ámbito de una intersección, se deben aplicar los siguientes principios:

a) Derecho de paso. El derecho de paso en una intersección es clave para poder segregar los movimientos de vehículos, peatones y ciclistas. En intersecciones no semaforizadas, el sistema de control que regula el derecho de paso vehicular deberá ser absolutamente claro y sin ambigüedades. Es decir, se deberá demarcar uno de los accesos como el secundario mediante la implementación de señales verticales de Pare o Ceda el Paso, con una línea de retención (barra de pare) para el movimiento secundario y con marcas en el pavimento acorde al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente. La ciclovía, dependiendo de su ubicación, tendrá el mismo derecho de paso que la vía vehicular que

acompaña y deberá contar también con demarcación de Pare o Ceda el Paso y línea de retención, según corresponda. La señal de Pare o Ceda el Paso para los vehículos deberá ubicarse de tal forma que también sea visible y aplicable para el usuario ciclista.

- b) Compatibilidad entre geometría y sistema de control. La implementación de ciclovías en intersecciones debe considerar dos elementos claves. Estos son la geometría de la intersección y el sistema de control de tránsito (señal de Pare, Ceda el Paso, Semaforización o Rotonda). El diseño de la ciclovía debe realizarse de tal forma que sea compatible con el sistema de control de la intersección. El diseño integral de la intersección escapa el alcance de esta guía, pero se debe tener en cuenta que una intersección que tiene geometría y semaforización incompatibles entre sí generará un elevado riesgo para los ciclistas. Por este motivo, es de importancia crítica que la intersección se diseñe por especialistas con amplia experiencia en operaciones semafóricas y diseño geométrico.
- c) La reducción de puntos de conflicto con el flujo opuesto. Esto se logra reduciendo rutas ondulantes, desvíos o excesiva señalización. Los ciclistas deben mantenerse en el campo visual del flujo opuesto para reaccionar oportunamente. Es preferible brindar una fase semafórica exclusiva solo para ciclistas para evitar el conflicto directo con vehículos en sentido opuesto. Otra estrategia es obligar a que el giro a la izquierda se realice en dos etapas. El giro en dos etapas se describe en más detalle en la sección de Consideraciones Previas de esta guía.
- d) La reducción de puntos de conflicto con el flujo transversal. El cruce de flujos es inevitable en una intersección, pero se puede reducir el número y tipo de conflictos con ciertos diseños. Lógicamente, un paso a desnivel elimina todos los conflictos, pero esto no siempre es viable. Otras estrategias son la conversión de una intersección convencional a rotonda donde los conflictos ocurren a menor velocidad. Intersecciones en T tienen significativamente

menos conflictos que intersecciones en cruz y es preferible su uso, donde exista la opción. Para intersecciones semaforizadas, se puede proporcionar fases completamente segregadas para movimientos de ciclistas eliminando conflictos entre ciclistas, vehículos y peatones. En cualquier caso, el ciclista debe tener plena visibilidad del flujo que cruza y viceversa.

- e) Visibilidad. Es importante que exista buena visibilidad entre los ciclistas y vehículos. En intersecciones de zonas céntricas se debe realinear paulatinamente la ciclovía 20 o 30 metros antes de la intersección, para que esta se ubique entre 0.60 y 2 metros de la calzada vehicular en la intersección (CROW, 2006), permitiendo de esta manera que los vehículos visualicen con facilidad a los ciclistas. En casos donde la ciclovía ya está al lado de la calzada vehicular, ya no se requiere este realineamiento. En vías con velocidades operativas (no el límite de velocidad, sino la velocidad real del tráfico) mayor a 60 km/h o donde existen carriles de giro no es recomendable este realineamiento. Se deben evitar elementos canalizadores, segregadores, o ubicación de la ciclovía que resulte en visibilidad reducida entre vehículos y usuarios ciclistas.
- f) Velocidad. Es recomendable que exista la menor diferencia posible entre la velocidad de los diferentes medios de transporte que usan una intersección, acercándola a 20 o 30 km/h que es la velocidad de un ciclista. Para ello se deben implementar elementos físicos como: cojines berlineses, camellones, gibas, filas de tachones, radios reducidos, entre otros, que obliguen a los conductores motorizados a reducir su velocidad. La sección de Consideraciones Previas de esta guía brinda más información sobre estrategias de reducción de velocidad.
- g) Calidad del pavimento. La ciclovía debe estar libre de baches, hoyos, excesiva rugosidad, superficie excesivamente lisa, o interferencias (permanentes o temporales) que obliguen a los ciclistas a salirse de la ruta o realizar maniobras peligrosas. Esto podría requerir constante fiscalización o educación a la

población para respetar el uso de la ruta. El ítem i presenta mayores directivas sobre el uso adecuado de pinturas sobre el pavimento para evitar resbalamiento.

- h) **Uniformidad.** Es recomendable que los diseños sean lo más uniformes posibles en todas las intersecciones de categoría similar. De esta manera los usuarios reconocen con mayor facilidad las prioridades en diferentes tipos de vías e intersecciones. Se deben evitar diseños demasiado alejados de los estándares presentados en esta guía, siempre que sea técnicamente viable.
- i) Señalización y demarcación. La ciclovía debe estar claramente demarcada con pavimento pintado de color rojo a través de la intersección, marcas en el pavimento y señalización vertical. Dependiendo del diseño de la intersección, existen diferentes estrategias y formas de pintar las ciclovías en intersecciones, las cuales se detallan en esta guía. Se debe priorizar la continuidad y claridad para brindar seguridad al usuario ciclista. Es importante considerar que algunas pinturas termoplásticas dejan una superficie excesivamente lisa que podría generar el resbalamiento y pérdida de control del ciclista en lluvia o llovizna. Debe considerarse la mixtura de la pintura termoplástica con elementos tales como vidrio triturado o agregados que generen una superficie más rugosa y eviten el riesgo de resbalamiento y pérdida de control.
- j) Continuidad. La continuidad de una ciclovía en la intersección debe ser claramente distinguible tanto para el usuario del vehículo motorizado y no motorizado. En caso se requiera terminar una ciclovía en la intersección, se deberá demarcar claramente la ruta por la que deberán continuar los ciclistas, por ejemplo, una vía compartida o una cicloacera. De lo contrario, la ciclovía deberá terminar en un punto alejado a una intersección para no dejar al usuario ciclista desprotegido en un punto de alto conflicto. Se recomienda terminar una ciclovía que no puede continuar a través de una intersección, al

menos 20 metros antes de una intersección para que el ciclista se acomode en la calzada o en la vereda con seguridad.

4.4 Intersecciones Coherentes

Las intersecciones en general deben ser fáciles de entender y usar por todos los usuarios. El color, ancho y forma de la señalización de la infraestructura ciclista debe ser coherente, como se muestra en los ejemplos de esta guía, para que el ciclista se sienta cómodo y esté familiarizado con las maniobras que debe realizar. La coherencia y consistencia de la infraestructura ciclista en intersecciones promueve el uso de bicicletas, hace más atractivo este medio de transporte y reduce el uso de automóviles.

4.5 Intersecciones Directas

Existen dos criterios bajo los cuales se mide cuan directa es una ruta, estos son tiempo y distancia.

Tiempo: Con respecto al tiempo, las rutas para ciclistas dentro de la intersección deben diseñarse con los radios adecuados e islas centrales, donde sea viable, para que los usuarios esperen y logren cruzar la calle en dos tiempos con o sin la presencia de semáforos. En intersecciones semaforizadas, se debe minimizar el tiempo de demora del ciclista en la intersección mejorando la "cruzabilidad" mediante el uso de fases semafóricas que reduzcan la demora o tiempo de espera. Adicionalmente, se deben implementar *cajones bici* donde sea viable ya que estos permiten el cruce de una intersección en una sola fase, ahorrando tiempo. En caso *cajones bici* convencionales no sean viables, deberán implementarse *cajones bici para giros en dos etapas* para realizar el cruce en dos fases. La sección de Consideraciones Previas explica la diferencia entre ambos en más detalle.

Distancia: Con respecto a la distancia, se debe acortar la distancia que necesitan cruzar los ciclistas reduciendo cuando sea posible el giro a la izquierda de dos etapas a una sola. Implementar mejoras geométricas que acorten la distancia de cruce, tales como el alargamiento de martillos o uso de islas de refugio.

4.6 Iluminación

La iluminación en intersecciones con infraestructura ciclista debe garantizar una adecuada visibilidad en la intersección. La iluminación correcta incrementa la seguridad y hace que una intersección sea más atractiva proporcionando mayor comodidad y tranquilidad a los usuarios de todos los modos de transporte. En una intersección urbana las luminarias deben colocarse de forma tal que garanticen la iluminación total de la intersección sin dejar zonas oscuras.

4.7 Tipos de Infraestructura para Ciclistas

Existe una variedad de tipos de infraestructura ciclovial dependiendo de su ubicación que podría ser colindante con los carriles vehiculares, segregada parcialmente, segregada completamente, compartida con peatones, entre otros. El siguiente cuadro presenta las dimensiones recomendadas para infraestructura ciclovial. Estas dimensiones se basan en las dimensiones mínimas más anchas de los manuales nacionales.

Tabla 1. Requerimientos Geométricos Recomendados (metros)

Tipología	Ancho mínimo	Ancho deseado
Ciclovía unidireccional	1.5	2.0
Ciclovía bidireccional	2.6	3.2
Cicloacera unidireccional	1.5	2.0
Cicloacera bidireccional	2.6	3.2
Ciclosenda bidireccional	3.2	4.0

Fuente: Adaptado por Consorcio Transis - Intra

El Decreto Supremo Nº 012-2020-MTC define la tipología de infraestructura ciclovial, de acuerdo con el siguiente detalle:

- Ciclovía: Espacio de la vía pública segregada físicamente, según las características definidas por el MTC. En algunas vías públicas existentes, la ciclovía se segrega de la calzada y/o acera.
- Cicloacera: Ciclovía segregada en la acera, según las características definidas por el MTC, destinada al uso exclusivo de la circulación de ciclos.

- Ciclocarril: Carril de una calzada conformada por uno o más de un carril que ha sido señalizado, de acuerdo con las disposiciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para permitir la circulación compartida de los ciclos y vehículos automotores, los cuales deben circular a una velocidad máxima de 30 km/h.
- **Ciclosenda:** Es la vía en los parques, alamedas o espacios no urbanizados, que normalmente se comparte con peatones.

Para mayor claridad se han adaptado levemente las definiciones, como se muestra en la siguiente tabla. Esto debido a que el Decreto Supremo Nº 012-2020-MTC define infraestructura ciclista en aceras en las definiciones de ciclovía y cicloacera generando cierta contradicción.

Tabla 2. Descripción de la Infraestructura Ciclista

Tipo de Infraestructura Ciclista	Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación Ciclista
Ciclovía	Espacio de la vía pública segregada físicamente en la calzada., destinada al uso exclusivo de la circulación de ciclos y vehículos de movilidad personal.
Cicloacera	Infraestructura ciclovial segregada en la acera, destinada al uso exclusivo de la circulación de ciclos y vehículos de movilidad personal.
Ciclocarril	Área de una calzada conformada por uno o más de un carril que ha sido señalizado, de acuerdo con las disposiciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para permitir la circulación compartida de los ciclos, vehículos de movilidad personal y vehículos automotores. Estos últimos deberán circular a una velocidad máxima de 30 km/h.
Ciclosenda	Área en los parques, alamedas o espacios no urbanizados, que normalmente se comparte con peatones.

4.7.1 Ciclovías

Carriles exclusivos para bicicletas colocados en la calzada y separados del tráfico motorizado mediante elementos segregadores físicos. Los elementos de segregación sirven para brindar mayor seguridad a los ciclistas y evitar la invasión por parte del tráfico motorizado del carril para bicicletas.

La configuración de estas vías puede ser unidireccional o bidireccional. En los manuales de referencia se suele recomendar la implementación (en la medida de lo posible) de ciclovías unidireccionales dado que el tráfico bidireccional produce movimientos sorpresivos (CROW, 2006). El uso de vías bidireccionales ha de justificarse si acorta el itinerario ciclista u ofrece un itinerario lógico, evita cruzar una vía motorizada o no hay espacio suficiente para incorporar una ciclovía unidireccional en ambos lados de la calzada.

La Figura 1 muestra un ejemplo de una ciclovía. Respecto a las ciclovías bidireccionales, el Manual de Lima 2017, contempla únicamente su implementación sobre la mediana, ver Figura 2.



Figura 1. Ciclovía Lateral

min: 2.80 m recom: 3.20 m

Figura 2. Ciclovía Central Bidireccional

Fuente: Manual de Lima (2017)

4.7.2 Cicloacera

Infraestructura ciclovial segregada del tráfico motorizado. Estas discurren a la misma altura y de manera paralela a la vereda o acera. Su implementación no debe ser a costa del espacio de los peatones y deben disponer de una segregación clara con el espacio para la movilidad a pie.

Las cicloaceras, suelen dar una sensación de seguridad elevada si su diseño es adecuado y pueden resultar útiles para ciclistas con menos experiencia.

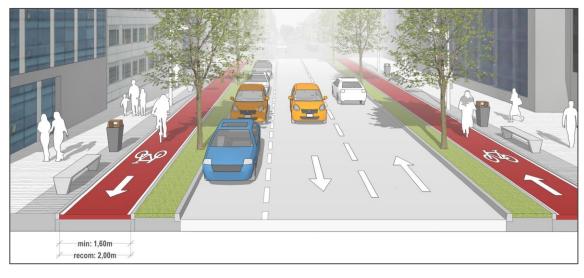


Figura 3. Cicloacera Unidireccional

min: 2,80m recom: 3.20 m

Figura 4. Cicloacera Bidireccional

Fuente: Manual de Lima (2017)

4.7.3 Ciclocarril

Área compartida entre la bicicleta y el tráfico motorizado. Esta infraestructura ciclovial es habitualmente implementada en calles de carácter secundario o residencial en las que se limita la velocidad a 30 km/h. La mayoría de los manuales de referencia únicamente las implementan en vías de un carril y un sentido. Además, se suele recomendar para vías con tráfico bajo, con un IMD menor a 5,000 (CROW 2006).

El Manual de Lima presenta soluciones para vías de uno o dos carriles de un solo sentido de circulación. Aunque en el ejemplo de intersecciones incorpora una calzada de un carril por sentido de circulación.



Figura 5. Vía Compartida de un Carril de Circulación

Figura 6. Vía Compartida de Dos Carriles de Circulación en el Mismo Sentido

Fuente: Manual de Lima (2017)

2.70 - 3.00 m

4.7.4 Ciclosendas

Área reservada para la movilidad en bicicleta fuera de las vías destinadas a la circulación motorizada. Suelen implementarse para atravesar parques lineales, malecones, alamedas, corredores verdes. En el diseño de las intersecciones de estas vías se debe priorizar el flujo peatonal.

min: 3.20 m recom: 4.00 m

Figura 7. Ciclosenda

5 CONSIDERACIONES PREVIAS

5.1 Consideraciones Para Embarque y Desembarque de Pasajeros

El embarque y desembarque de pasajeros muy cercano a una intersección es un comportamiento indeseable en términos generales. Es preferible alejar paraderos y zonas de embarque/desembarque para taxis lo más posible de una intersección, pero sin generar un excesivo desvío para los peatones. Sin embargo, en caso de que el especialista determine la necesidad de proporcionar un espacio próximo a la intersección para el embarque y desembarque de pasajeros, se podrá aplicar una de las estrategias presentadas en las fichas de esta sección.

Por ejemplo, en proximidad de un hospital, es probable que taxis o vehículos privados, ocasionalmente, tengan que detenerse cerca de una intersección para embarcar o desembarcar un usuario en silla de ruedas.

En el caso de transporte público, dependiendo de la cantidad de buses en una vía y el diseño de la ciclovía, existen dos formas de brindar acceso a un paradero, los cuales se presentan en esta sección.

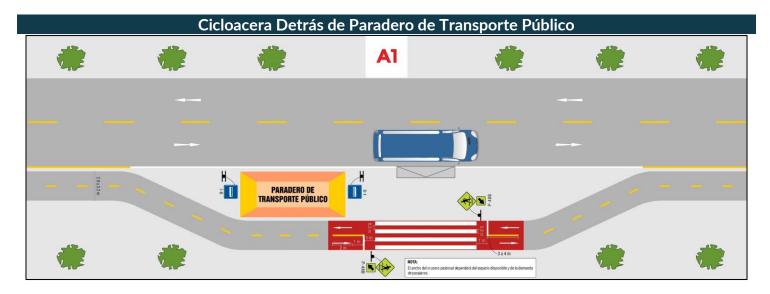
Finalmente, en lugares con alto flujo de transporte público, alta demanda de taxis o alta demanda de vehículos que se detienen al lado derecho de la calzada se recomienda que en lo posible la ciclovía se ubique al lado izquierdo de la calzada, completamente alejada de la zona de conflicto. La ubicación de la ciclovía finalmente se decidirá en función de un proceso de planificación integral.

Las fichas presentadas a continuación proporcionan una guía de como diseñar las zonas de embarque y desembarque en diferentes condiciones.

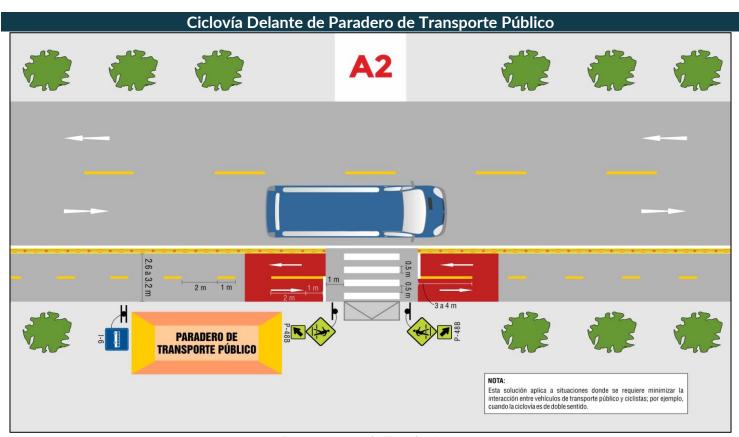
Tabla 3. Consideraciones para Embarque y Desembarque de Pasajeros

Ficha	Consideración
A1	Cicloacera Detrás de Paradero de Transporte Público
A2	Ciclovía Delante de Paradero de Transporte Público
А3	Ciclovía Compartida con Zona de Detención del Bus
A4	Ciclovía Compartida con Zona de Detención para Personas con Movilidad Reducida
A5	Ciclovía Alejada del Paradero de Transporte Público

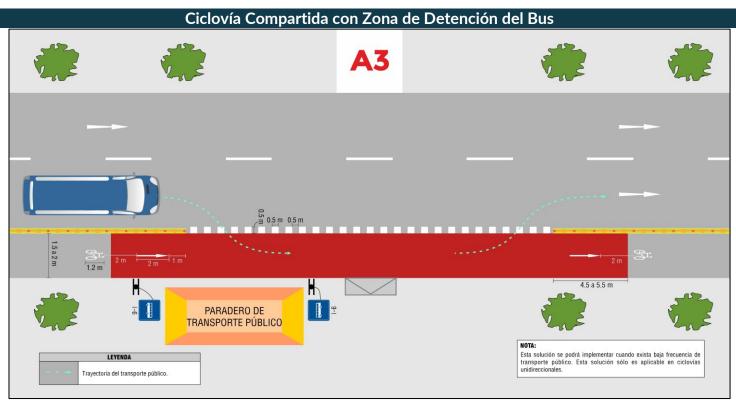
Fuente: Consorcio Transis - Intra



Fuente: Consorcio Transis - Intra



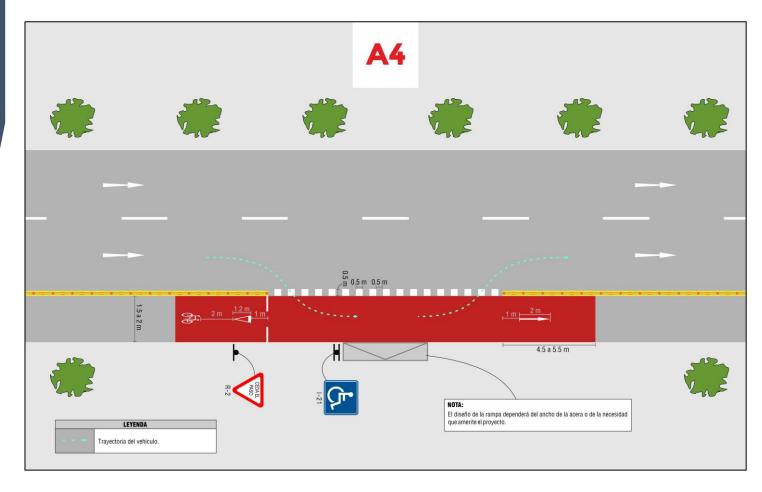
Fuente: Consorcio Transis - Intra



Fuente: Consorcio Transis - Intra

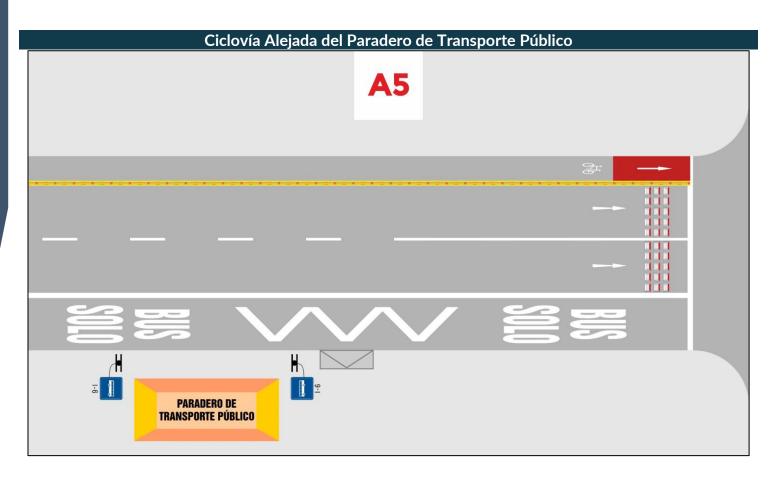
Nota: Este diseño debe aplicarse solo si la ciclovía es de un solo sentido y el flujo o volumen de buses es bajo. Caso contrario se recomienda aplicar la Ficha A2.

Ciclovía Compartida con Zona de Detención para Personas con Movilidad Reducida



Fuente: Consorcio Transis - Intra

Nota: Este diseño debe aplicarse solo si la ciclovía es de un solo sentido y el flujo o volumen de vehículos que se estacionan temporalmente es bajo.



Nota: Este diseño es recomendable si el flujo o volumen de buses es muy alto o existe una detención constante y regular de vehículos al lado derecho de la calzada. En estos casos es recomendable implementar la ciclovía al lado izquierdo, completamente alejada de la zona de turbulencia, siempre que el proceso de planificación lo determine viable.

5.2 Consideraciones Para Calmado de Tráfico en Intersecciones con Ciclovías

Es deseable que la velocidad vehicular se reduzca a la velocidad de los ciclistas en las intersecciones. Es de notar que el diferencial de velocidades entre vehículos motorizados y bicicletas es la causa de mayor riesgo para los usuarios ciclistas, por lo que lograr velocidades bajas y homogéneas entre movilidad motorizada y bicicletas reduce este riesgo. Existen varias estrategias para lograr velocidades bajas y homogéneas, tales como la implementación de gibas, tachas, camellones, reducción de radios de giro, entre otros.

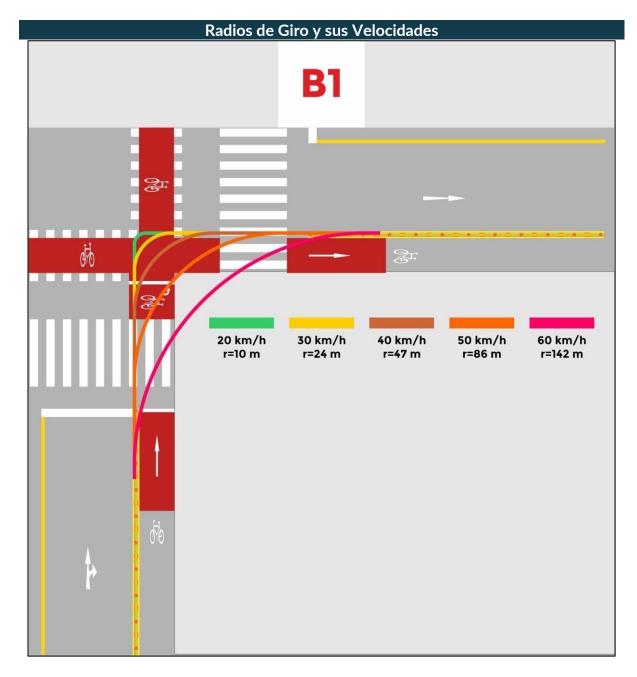
Durante la implementación de ciclovías en intersecciones, se deberán escoger entre las estrategias disponibles para reducción de velocidades. El especialista deberá incluir una o más estrategias de reducción de velocidad. Cabe notar que esta decisión dependerá del tipo de flujo en la zona, categoría de la vía, entre otras variables que deberán formar parte de la toma de decisiones.

Donde sea viable, una intersección podrá contar con todas las estrategias que se presentan en esta sección.

Las fichas que se presentan a continuación muestran ejemplos de estrategias para la reducción de velocidades en intersecciones que contienen ciclovías.

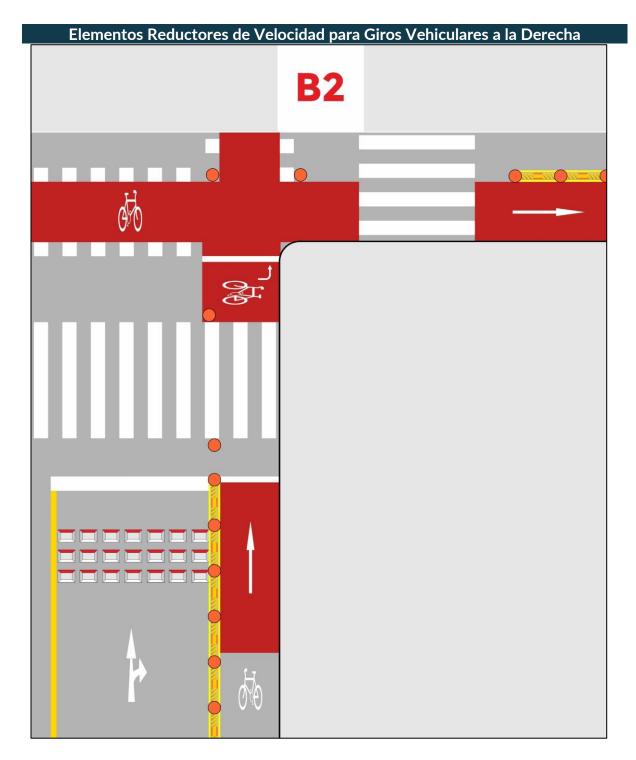
Tabla 4. Consideraciones para Calmado de Tráfico en Intersecciones con Ciclovías

Ficha	Consideración		
B1	Radios de Giro y sus Velocidades		
B2	Elementos Reductores de Velocidad para Giros Vehiculares a la Derecha		
В3	Ampliación de Martillos e Implementación de Reductor de Velocidad		
B4	Reductores de Velocidad en Rotondas e Intersecciones Rotatorias		



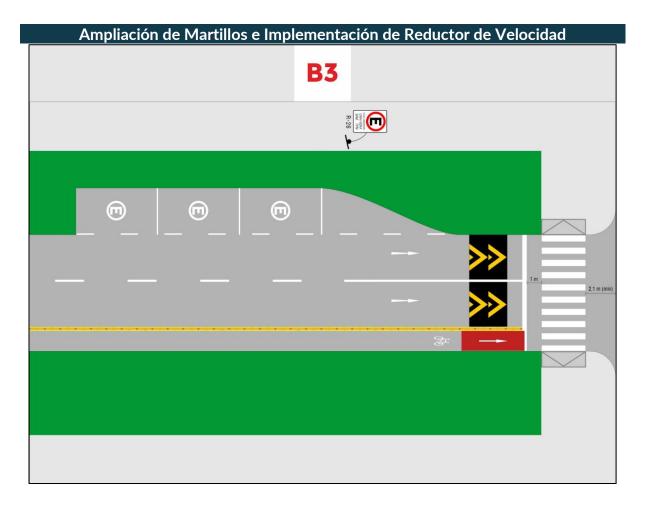
Fuente: Consorcio Transis - Intra

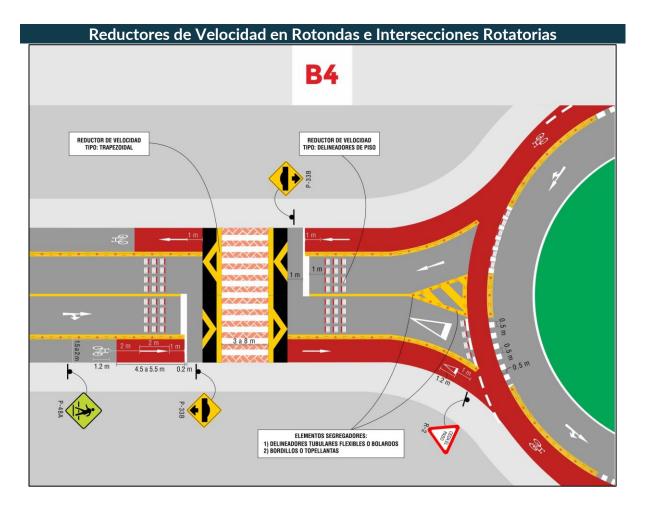
Nota: Los radios de giro corresponden a vehículos motorizados. El radio de giro dependerá del tipo de tránsito y categoría de la vía. Es recomendable que el radio sea el menor posible para las condiciones de la vía. Radios más pequeños y lentos se logran colocando bolardos como se muestran en la Ficha B2.



Fuente: Consorcio Transis - Intra

Nota: El radio de giro dependerá del tipo de tránsito y categoría de la vía. Es recomendable que el radio sea el menor posible para las condiciones de la vía. Radios más pequeños y lentos se pueden lograr colocando bolardos como cercanos a la intersección, como se muestran en esta ficha. Se puede complementar con tachas para reducir la velocidad de ingreso a la intersección.





5.3 Criterios Generales para Implementar el Cajón Bici y Cajón Bici para Giros en Dos Etapas

El giro a la izquierda es uno de los movimientos de mayor riesgo para ciclistas. Existen dos diseños recomendados para permitir un giro a la izquierda seguro en intersecciones semaforizadas. Estos diseños son 1) cajón bici y 2) cajón bici para giros en dos etapas. Cada uno de estos tiene sus ventajas y desventajas que se describen en esta sección. La decisión sobre el uso de uno sobre el otro dependerá de las condiciones de tráfico, disponibilidad de espacios y cultura vial de la zona.

El cajón bici permite el giro en una fase por lo que constituye un giro directo, giro "1" en la siguiente figura. El cajón bici para giro en dos etapas requiere de dos fases por lo que constituye un giro indirecto, giro "2" en la siguiente figura.

Las siguientes secciones brindan más información sobre cada una de estas estrategias de diseño para que el especialista escoja la opción más apropiada para las condiciones locales.

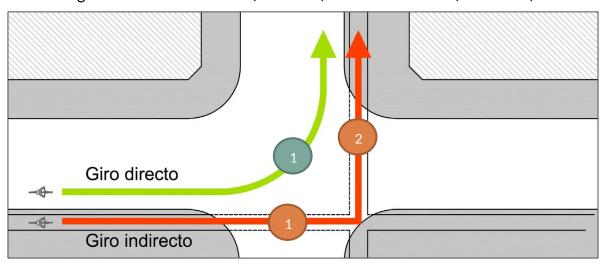


Figura 8. Giro Directo (Una Fase) vs. Giro Indirecto (Dos Fases)

Fuente: Manual Lima (2017)

5.3.1 Cajón Bici

El cajón bici (caja bici o bicibox) es un área exclusiva para ciclistas que facilita la maniobra de giro a la izquierda (y también a la derecha) en intersecciones semaforizadas. Esta se ubica entre la línea de retención vehicular y el crucero peatonal.

Estos espacios tienen una serie de ventajas las cuales son:

- Mejorar la visibilidad de los ciclistas al colocarse delante de la zona de detención de los vehículos (CROW 2006)
- Facilita los giros en las intersecciones en una fase, siempre que el cajón bici ocupe la totalidad de carriles del sentido de circulación (NACTO 2014).
- Adelanta la línea de detención de los ciclistas respecto a la de vehículos, lo que permite una mayor priorización de los ciclistas en las intersecciones.

Se recomienda implementar un cajón bici en los siguientes escenarios:

- Intersecciones semaforizadas con flujo importante de ciclistas y bajo flujo de vehículos donde sea viable mezclar ambos flujos para los giros.
- Cuando se quiere facilitar el giro de ciclistas en un único movimiento.
- Cuando existe un importante flujo vehicular que quiere realizar un giro por encima del movimiento recto de ciclistas. En este caso adelantar la línea de detención ciclista por delante de la vehicular reduce este conflicto.
- Se recomienda utilizar el cajón bici convencional en vías de uno o dos carriles por sentido. En vías con más carriles de circulación, se recomienda el uso de cajones bici para giros en dos etapas ya que estos no requieren mezclar bicicletas con vehículos motorizados, resultando ser más seguros en situaciones de alto flujo.

Según el Manual de Lima (2017), los cajones bici se pueden incluir en todas las intersecciones semaforizadas ubicadas antes del cruce peatonal y delante de los vehículos motorizados. La señalización de los cajones bici se compone de un rectángulo rojo delimitado por dos rayas blancas de 0.40 m de ancho en posición perpendicular a la circulación de la vía con 4.00 m de separación y en el centro se debe pintar el pictograma de bicicleta. Estas marcas deben abarcar el ancho de los

dos primeros carriles de la vía. Los detalles del cajón bici se presentan en las fichas de esta guía.

En la mayoría de territorios internacionales consultados se suele destacar el espacio reservado para el cajón bici con pintura (roja o verde) o franjas de color (rojo a amarillo); sin embargo, en lugares con mayor cultura ciclista, se suele señalizar únicamente el contorno con pintura blanca. En esta guía se recomienda el uso de pintura roja. Se muestran ejemplos a continuación. La siguiente imagen muestra un ejemplo del diseño de un cajón bici. Para mayor detalle se deberá recurrir a las fichas presentadas en la siguiente sección.

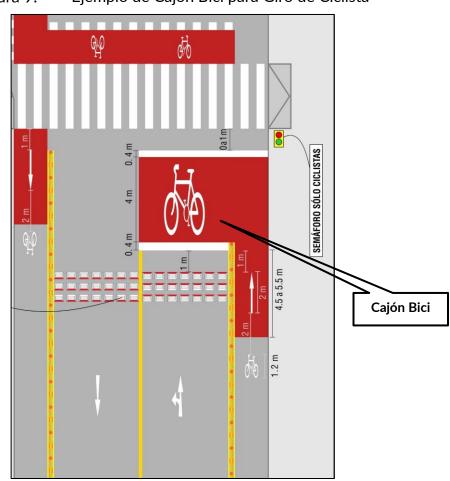


Figura 9. Ejemplo de Cajón Bici para Giro de Ciclista

Figura 10. Ejemplos de Aplicación en Territorios Internacionales



Portland (EEUU) - Nacto



Cambrige (Reino Unido) – DfT



Aarhus (Dinamarca) – Claudio Olivares Medina

5.3.2 Cajón Bici para Giro en Dos Etapas

Los cajones bici para giros en dos etapas para ciclistas son áreas que permiten realizar un giro a la izquierda en dos fases de manera segura en intersecciones semaforizadas. La diferencia entre los cajones bici para giros en dos etapas y los cajones bici convencionales es que los primeros no requieren mezclar el flujo de ciclistas con el flujo motorizado. Aunque son menos comunes, pueden utilizarse también en intersecciones sin semaforizar ya que facilitan la reorientación de la trayectoria de la bicicleta a la hora de afrontar el giro en dos movimientos.

Esta solución incrementa el confort y la percepción de seguridad de las personas ciclistas, aunque hacen que los trayectos sufran retrasos por la necesidad de tener que esperar dos fases semafóricas.

Los cajones bici para giros en dos etapas tienen una serie de ventajas entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- Evitan la mezcla del tráfico ciclista con el tráfico motorizado por lo que se pueden considerar relativamente más seguros que las cajas bici.
- Reducen los conflictos en los giros entre bicicletas y vehículos.
- Los ciclistas que quieren girar no entorpecen el paso de aquellos que siguen de frente.
- No se invade el espacio de los peatones para realizar una maniobra en dos fases.

Se recomienda implementar cajones bici para giros en dos etapas en los siguientes escenarios:

- Intersecciones semaforizadas con importante demanda de giro de ciclistas a la izquierda y alto flujo vehicular.
- Aunque es aplicable a todo tipo de diseños semafóricos, es preferible implementar cajones bici para giros en dos etapas en vez de cajones bici convencionales cuando no se tiene una fase exclusiva de giro a la izquierda.
- Es especialmente recomendable cuando el giro implica atravesar más de un carril de tráfico vehicular, por ejemplo, vías con cuatro o seis carriles que ocasionen un tiempo de recorrido elevado dentro de la intersección.

- Cuando su implementación no genere un desplazamiento muy pronunciado del crucero peatonal. Por este motivo, se propone aprovechar los espacios disponibles ya existentes y no desplazar los pasos/cruceros peatonales, ver fichas en la siguiente sección.
- Pese a que los cajones bici para giros en dos etapas se pueden combinar con los cajones bici convencionales, a no ser que las altas demandas de movilidad ciclista lo requieran o la geometría facilite su implementación, se recomienda implementar únicamente una de las dos soluciones.

Los cajones bici para giros en dos etapas se contemplan en el Manual de Lima (2017) y en la Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible no Motorizado (2020). Sin embargo, no se ha definido terminología o dimensiones en estos documentos. En la siguiente sección de esta guía se proponen dimensiones y detalles para su demarcación. La siguiente imagen muestra un ejemplo de un cajón bici para giro en dos etapas, para mayor detalle se deberá recurrir a las fichas presentadas en la siguiente sección.

Fuente: Consorcio Transis – Intra

Cajón Bici para Giro en Dos Etapas

Figura 11. Ejemplo de Cajón Bici para Giro en Dos Etapas



Figura 12. Ejemplo en Territorio Internacional (EE.UU.)

Fuente: NACTO

6 INTERSECCIONES

6.1 Fundamentos

Las intersecciones son los principales puntos de conflicto entre todos los modos de transporte (peatones, ciclistas y vehículos motorizados). Por lo tanto, estos son puntos críticos en una red ciclovial por lo que su diseño y regulación son decisivos para que una ruta sea segura, coherente, cómoda, rápida y atractiva.

En una intersección existen prioridades entre los distintos modos de transporte y tradicionalmente está encabezada por los vehículos, seguidos por el transporte público, ciclistas y finalmente los peatones. Este concepto debe modificarse para que la prioridad la tengan los peatones, seguidos de los ciclistas y finalmente todos los vehículos motorizados. Para lograr esto, será necesario que el profesional encargado de elaborar una propuesta de diseño lo enfoque pensando principalmente en los modos más vulnerables.

Esta sección presenta soluciones prácticas por medio de fichas de distintas tipologías de intersecciones que servirán como referencia para el diseñador vial. Para escoger una de estas fichas se deberá contar previamente con un *Estudio Integral de Tráfico y Planificación Urbana*. Las fichas presentadas en esta guía son complementarias a un diseño integral de la intersección y no presentan el diseño completo. Las fichas en esta guía se ciñen al tema ciclista y no incluyen consideraciones peatonales, o vehiculares a profundidad. El diseño completo deberá realizarse en el marco del estudio integral recomendado. Este estudio integral debe incluir las siguientes actividades:

- Paso 1: Proyectar flujos "futuros" (no solo existentes) vehiculares, peatonales, ciclistas.
- Paso 2: Desarrollar alternativas de diseño geométrico y diseño de control (semafórico o señalización de Pare o Ceda el Paso). Este diseño debe contar con capacidad suficiente para los movimientos más críticos. Será muy importante que en intersecciones semaforizadas exista compatibilidad entre la geometría y la semaforización.
- Paso 3: Determinar la infraestructura ciclista adecuada en base a la jerarquía de la vía, demanda de ciclistas, vehículos y peatones, y velocidad del tránsito motorizado.

- Paso 4: Identificar las estrategias para el calmado del tráfico en las intersecciones, método de embarque y desembarque de pasajeros en caso de requerirse y diseño de giros mediante cajones bici convencionales y/o cajones bici para giro en dos etapas. (Ver la sección de Consideraciones Previas en esta guía).
- Paso 5: Utilizar las fichas presentadas en esta guía para identificar la solución más compatible con la intersección evaluada.
- Paso 6: Realizar un análisis de la intersección con metodología del Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad Vial) de Estados Unidos. Esta metodología se puede aplicar con software de simulación para asegurar una adecuada operatividad para todos los modos de transporte.

Este Estudio Integral de Trafico y Planificación deberá cumplir con la normativa nacional y local. En casos de vacíos en la normativa nacional o local, se podrá recurrir a normativa internacional. Además los estudios deberán contar con sustento técnico del profesional a cargo.

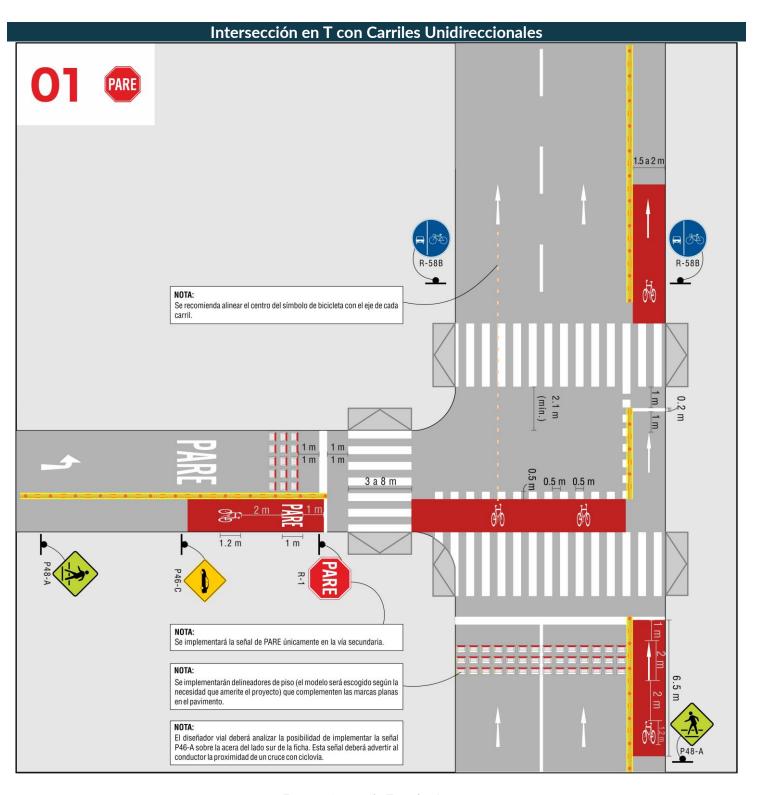
A continuación, se presenta el listado y descripción de fichas de infraestructura ciclista en distintas tipologías de intersecciones categorizadas en: 1) Intersecciones no semaforizadas y 2) Intersecciones semaforizadas.

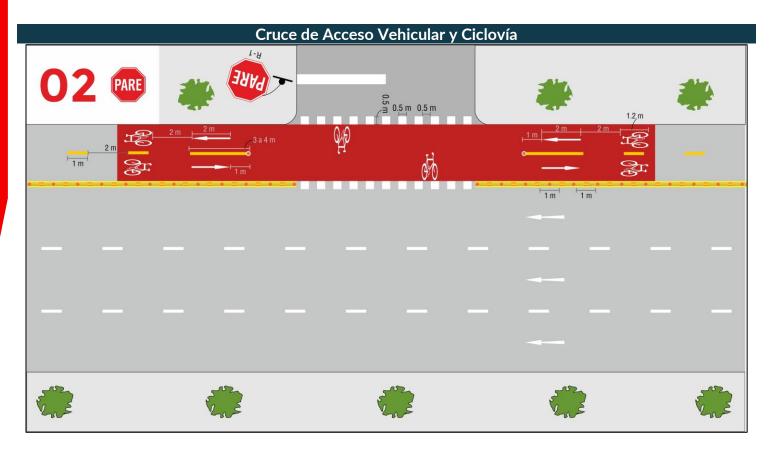
Tabla 5. Fichas de Infraestructura Ciclista

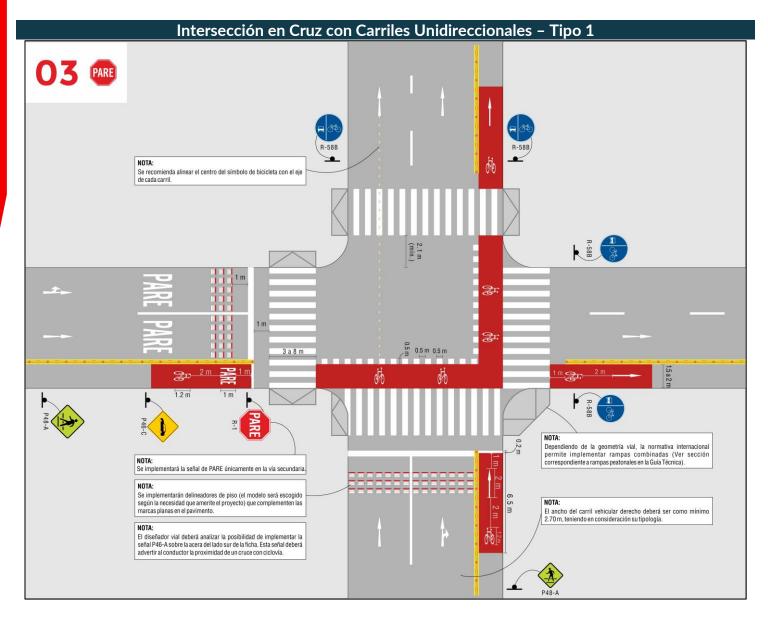
Tipo de Control	Ficha	Tipo de Intersección
	1	Intersección en T con Carriles Unidireccionales
NO SEMAFORIZADA	2	Cruce de Acceso Vehicular y Ciclovía
	3	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales – Tipo 1
	4	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales – Tipo 2
	5	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales
	6	Intersección en T con Carriles Bidireccionales
0.5	7	Rotonda Tipo I
Z	8	Rotonda Tipo II
	9	Intersección en T con Carriles Unidireccionales – Tipo 1
	10	Intersección en T con Carriles Unidireccionales – Tipo 2
	11	Intersección en T con Carriles Bidireccionales en Vía 1 y Unidireccional en Vía 2
	12	Intersección en T con Carriles Bidireccionales
	13	Intersección en Y con Carriles Bidireccionales
	14	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales en Vía 1 y Unidireccionales en Vía 2 – Tipo 1
	15	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales en Vía 1 y Unidireccionales en Vía 2 – Tipo 2
	16	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales en Vía 1 y Unidireccionales en Vía 2 – Tipo 3
	17	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales en Vía 1 y Unidireccionales en Vía 2 – Tipo 4
	18	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales en Vía 1 y Unidireccionales en Vía 2 - Tipo 5
	19	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales en Vía 1 y Unidireccionales en Vía 2 - Tipo 6
	20	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales en Vía 1 y Bidireccionales en Vía 2 - Tipo 1
	21	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales en Vía 1 y Bidireccionales en Vía 2 - Tipo 2
SEMAFORIZADA	22	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales en Vía 1 y Bidireccionales en Vía 2 - Tipo 3
	23	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 1
ORI	24	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 2
AF	25	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 3
Ε	26	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales - Tipo 4
S	27	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 5
	28	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 6
	29	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 7
	30	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 8
	31	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 9
	32	Intersección en Cruz con Carriles Bidireccionales – Tipo 10
	33	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales – Tipo 1
	34	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales – Tipo 2
	35	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales – Tipo 3
	36	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales – Tipo 4
	37	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales – Tipo 5
	38	Intersección en Cruz con Carriles Unidireccionales - Tipo 6
	39	Intersección en X con Carriles Bidireccionales
INTERSECCIONES ESPECIALES	40	Intersección Especial en Cruz - Tipo 1
	41	Intersección Especial en Cruz - Tipo 2
	42	Intersección Especial en Cruz - Tipo 3
	43	Intersección Especial en Cruz - Tipo 4
	44 45	Intersección Especial en Cruz - Tipo 5
\(\text{\text{\$\}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}		Intersección Especial en Cruz - Tipo 6
=	46 47	Intersección Especial en Cruz - Tipo 7 Intersección Especial Tipo Rotonda
	4/	Fuente: Consorcio Transis - Intra

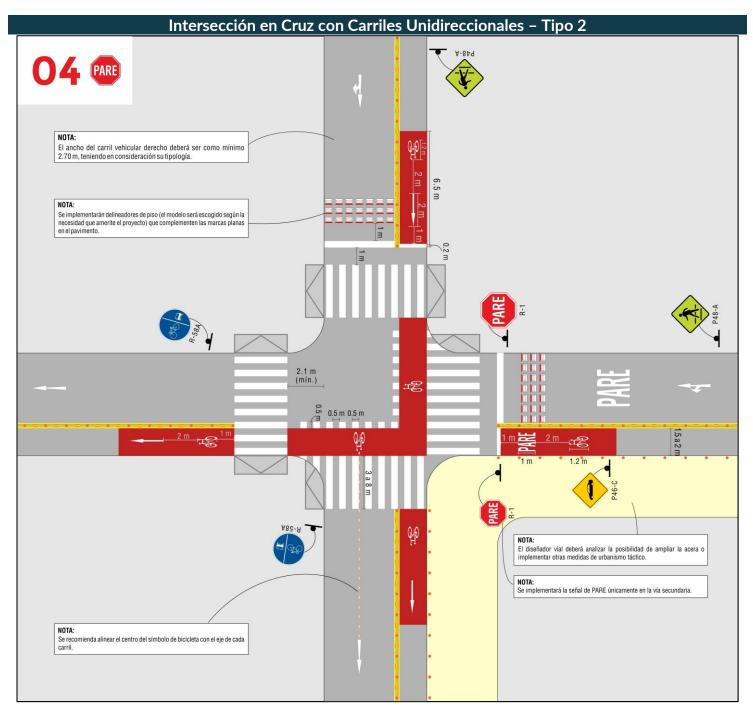
Nota: La aplicación de cualquier ficha deberá realizarse después de leer detalladamente la Sección 5 de consideraciones previas. En la Sección 5 se detallan estrategias para zonas de embarque y desembarque de pasajeros próximos a intersecciones, calmado de tráfico y el uso adecuado de cajones bici convencionales y cajones bici para giro en dos etapas.

6.2 Fichas para Intersecciones No Semaforizadas



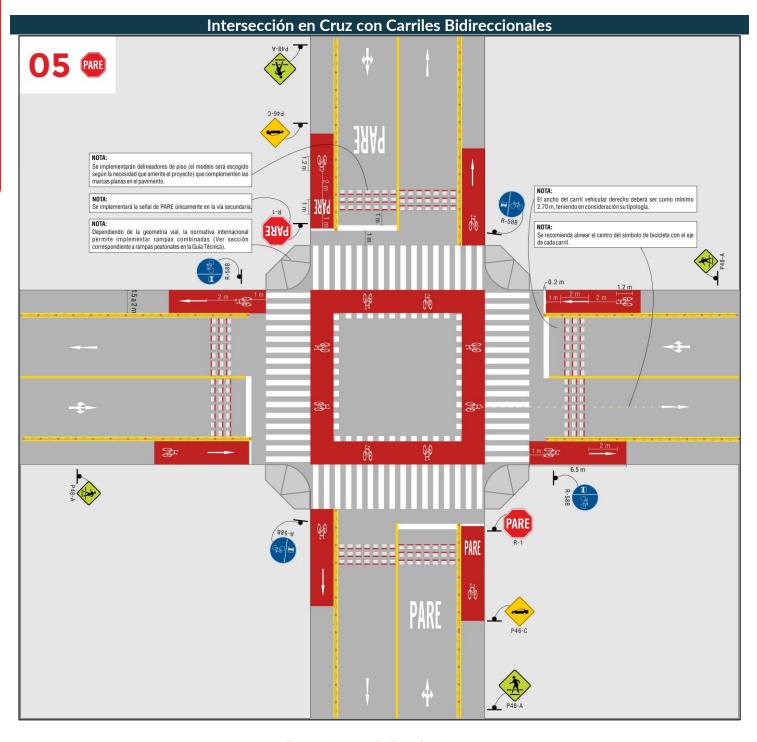


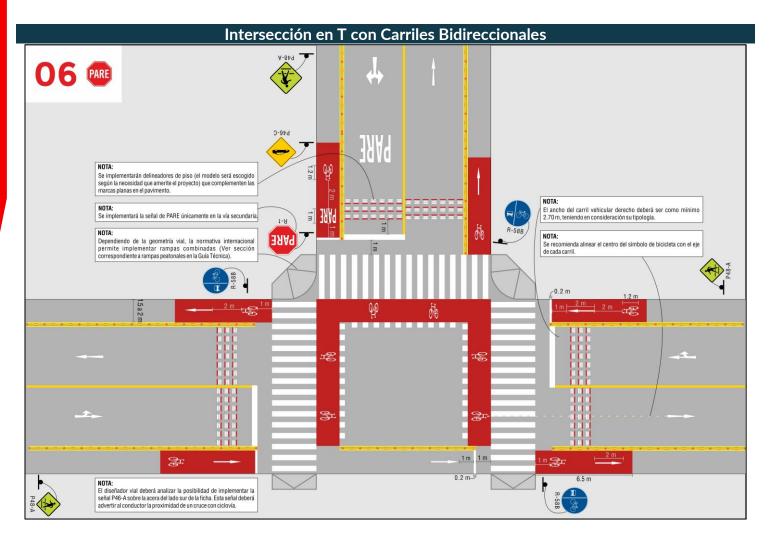


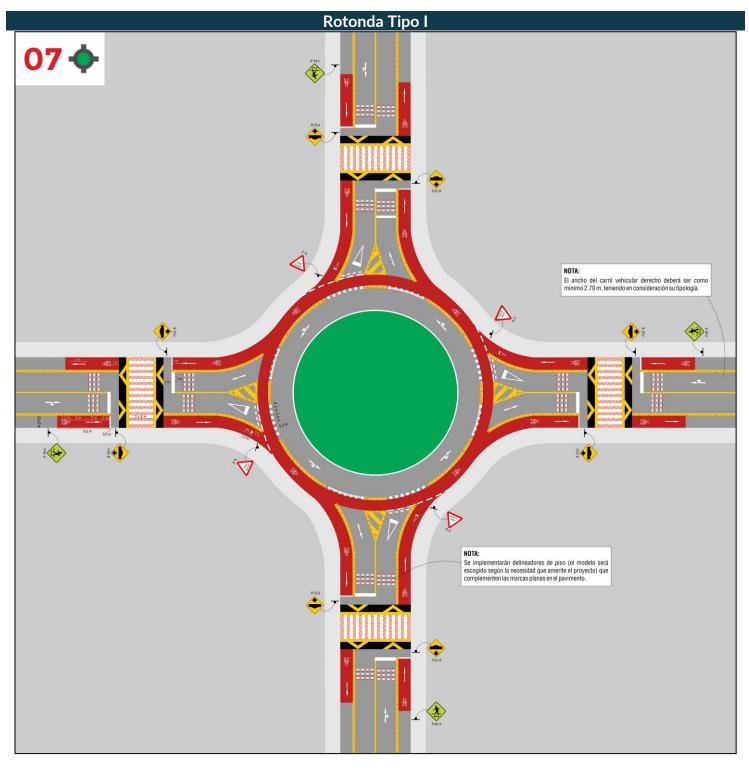


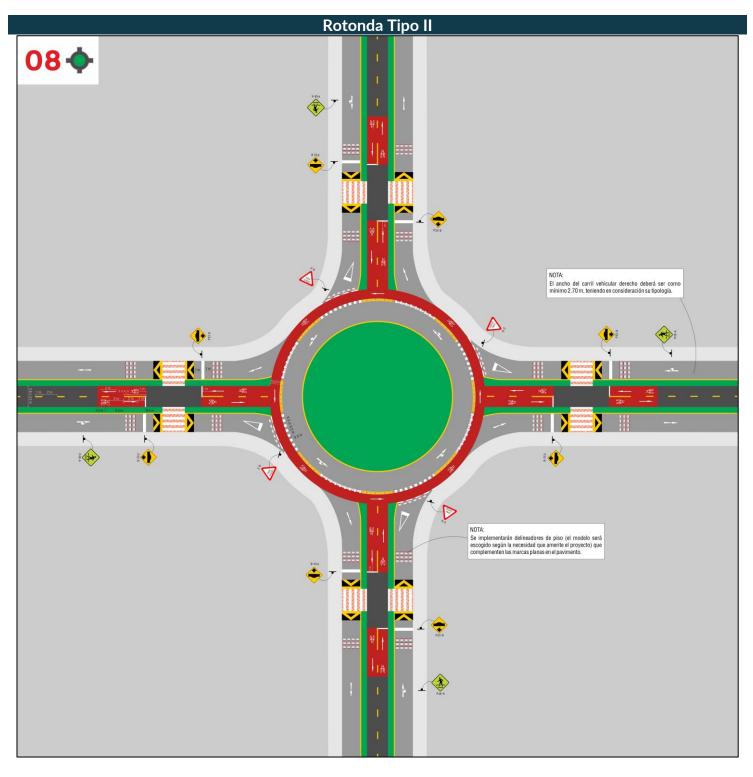
Fuente: Consorcio Transis - Intra

Nota: Es recomendable repetir el señales siempre que estas no generen un exceso de señalización y refuercen el mensaje que se pretende comunicar a los usuarios. Por este motivo, el uso de señales a ambos lados de la calzada debe considerarse cuidadosamente para cada situación específica.



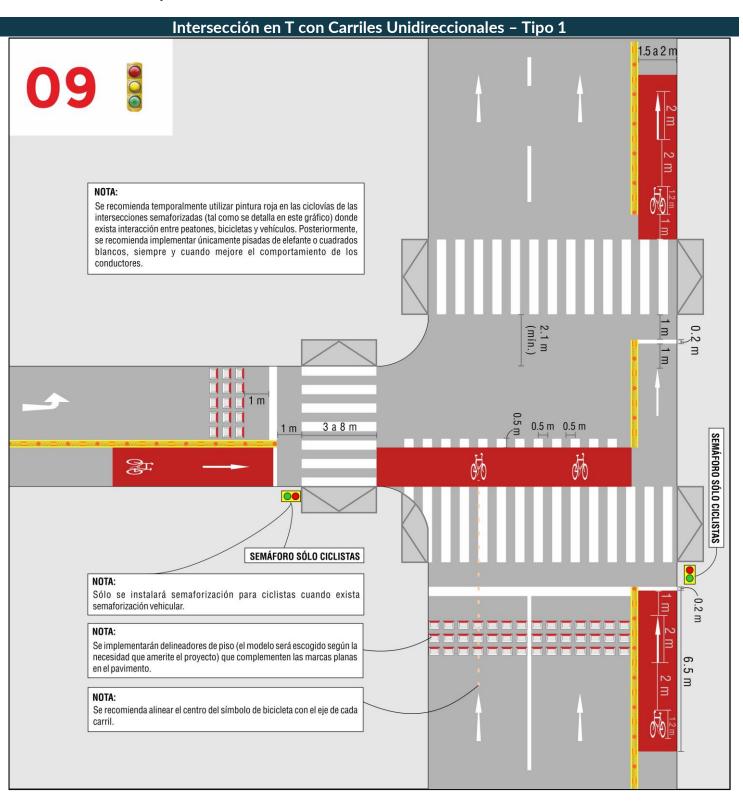


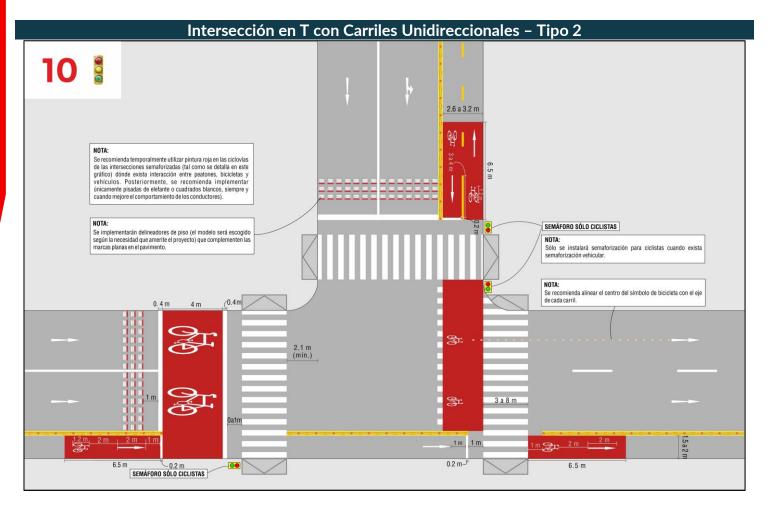


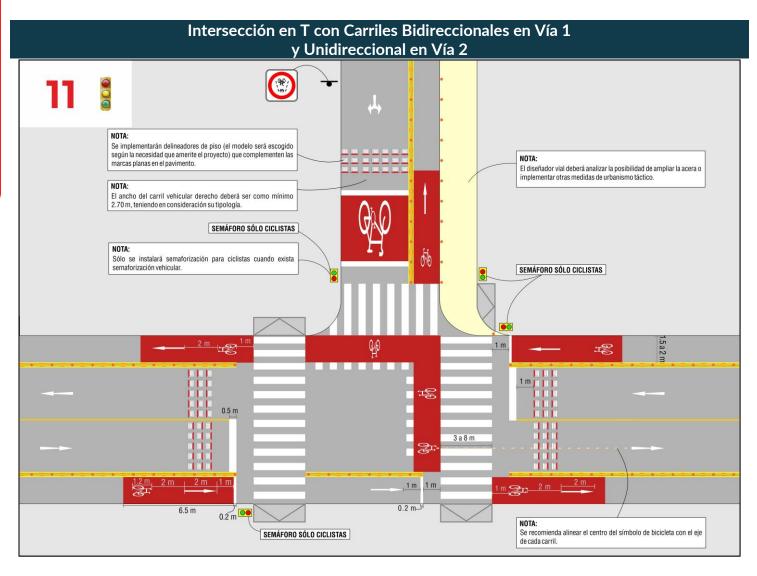


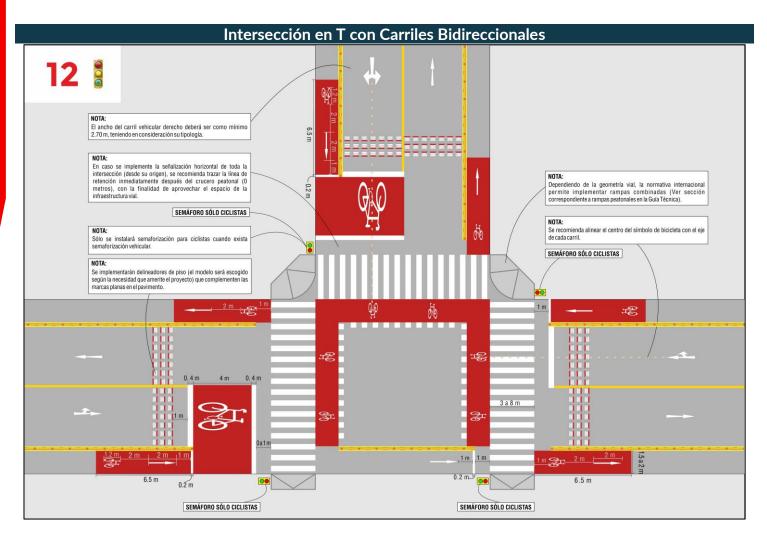
Fuente: Consorcio Transis - Intra

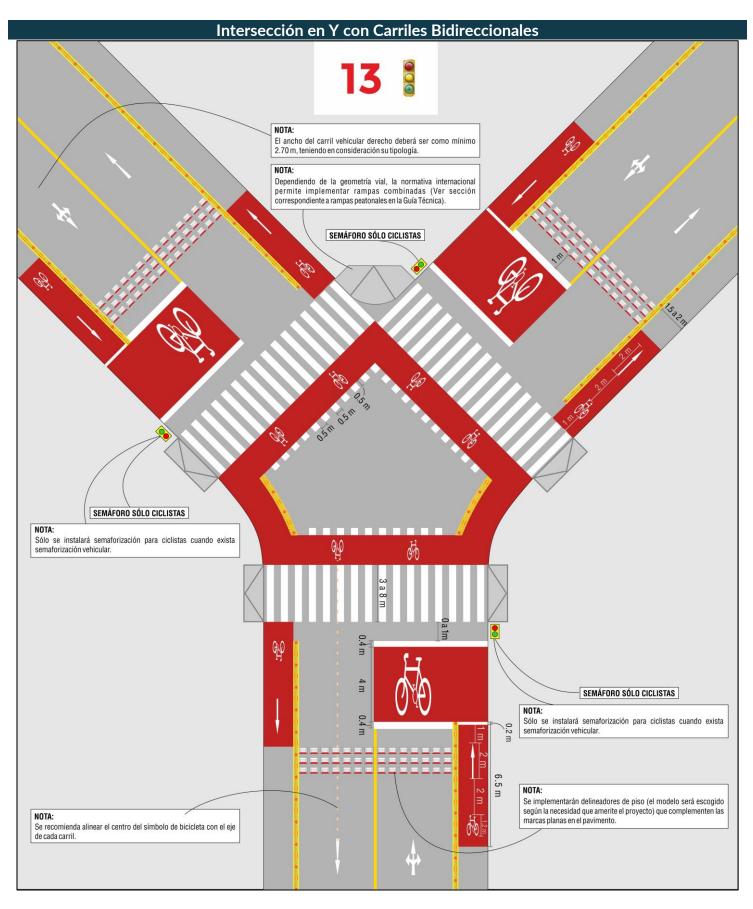
6.3 Fichas para Intersecciones Semaforizadas

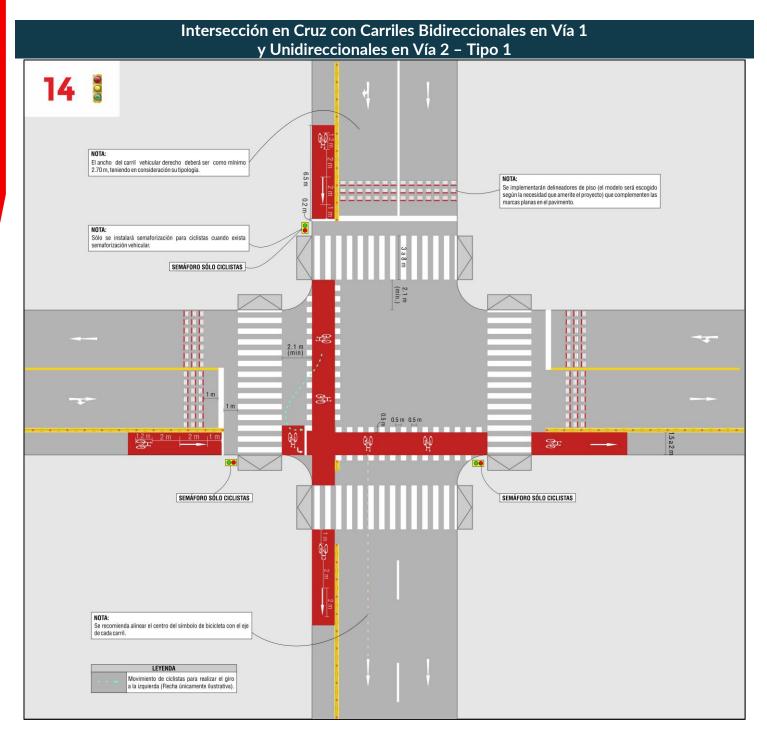


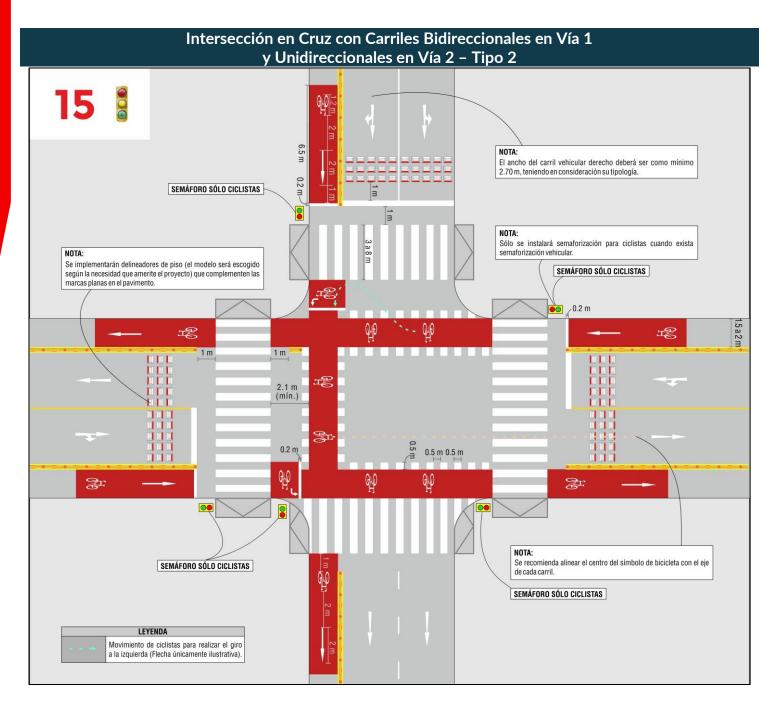


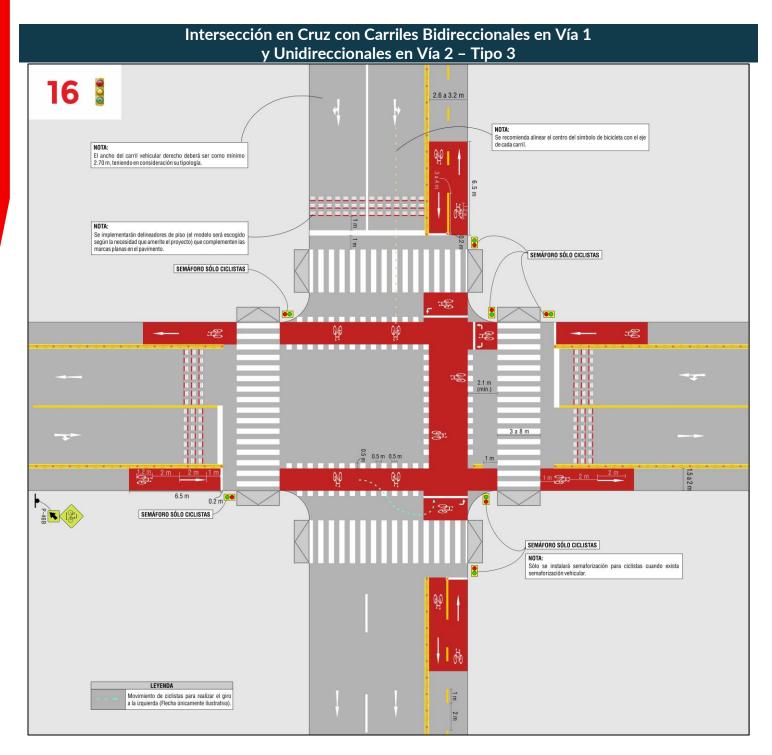


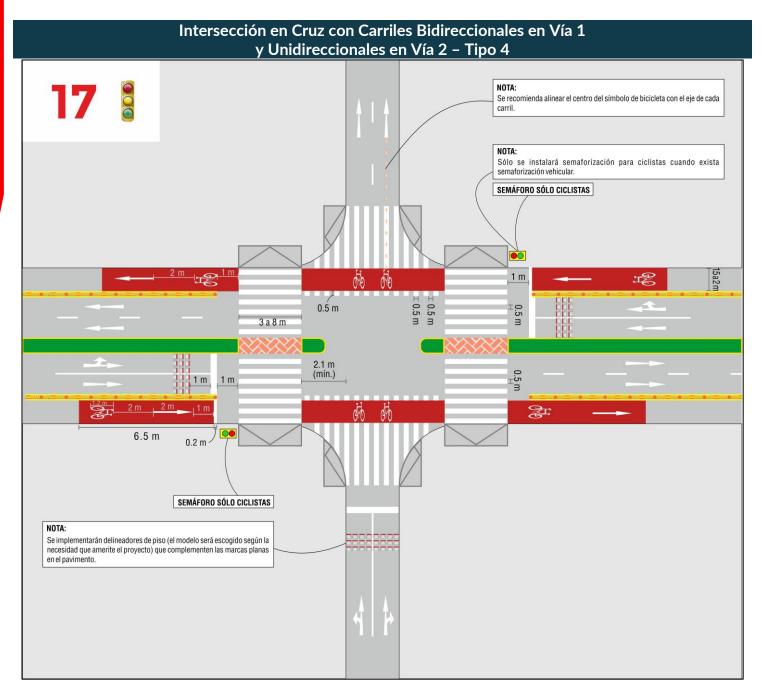


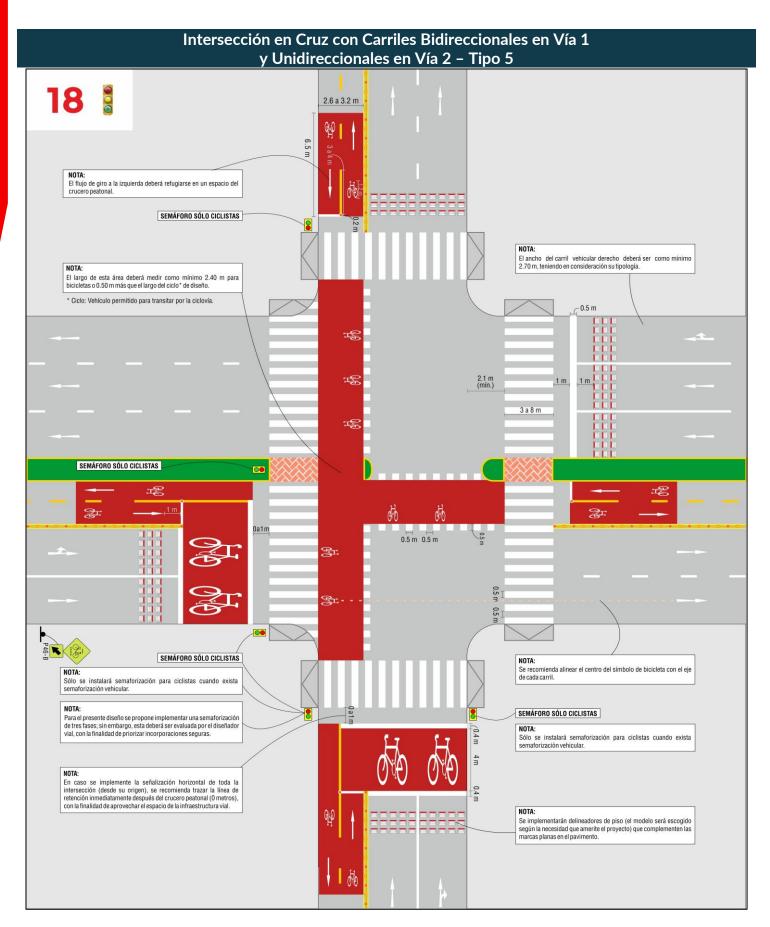


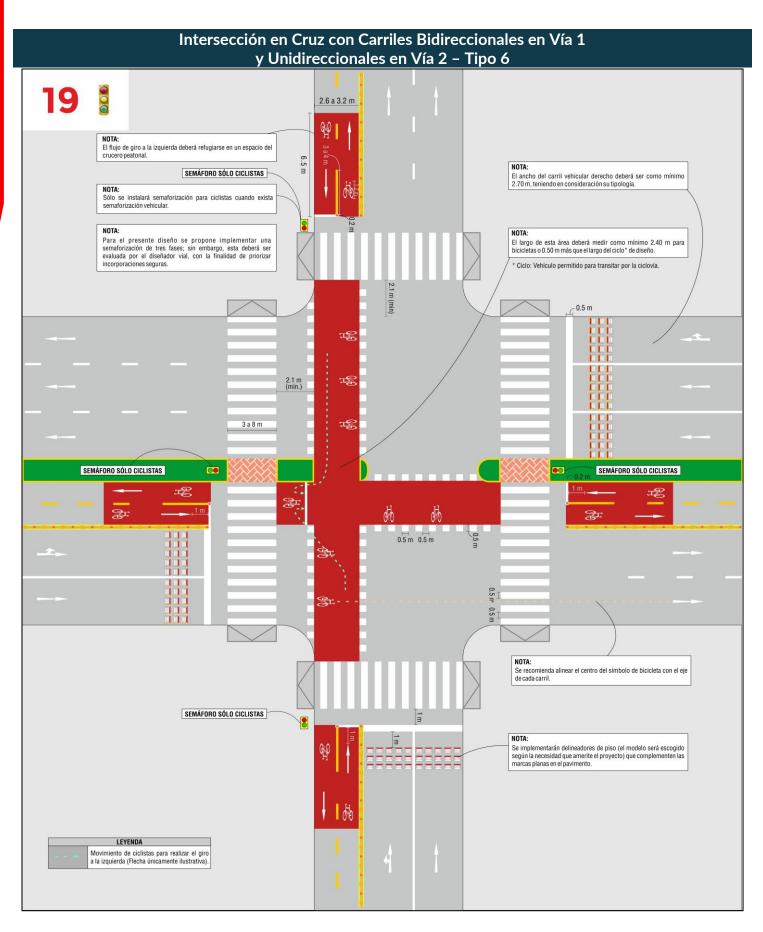


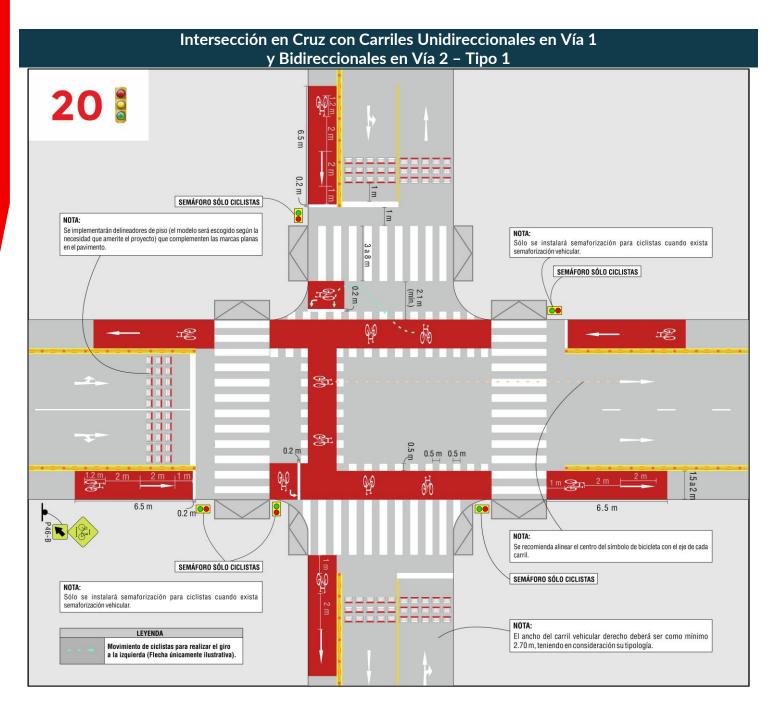


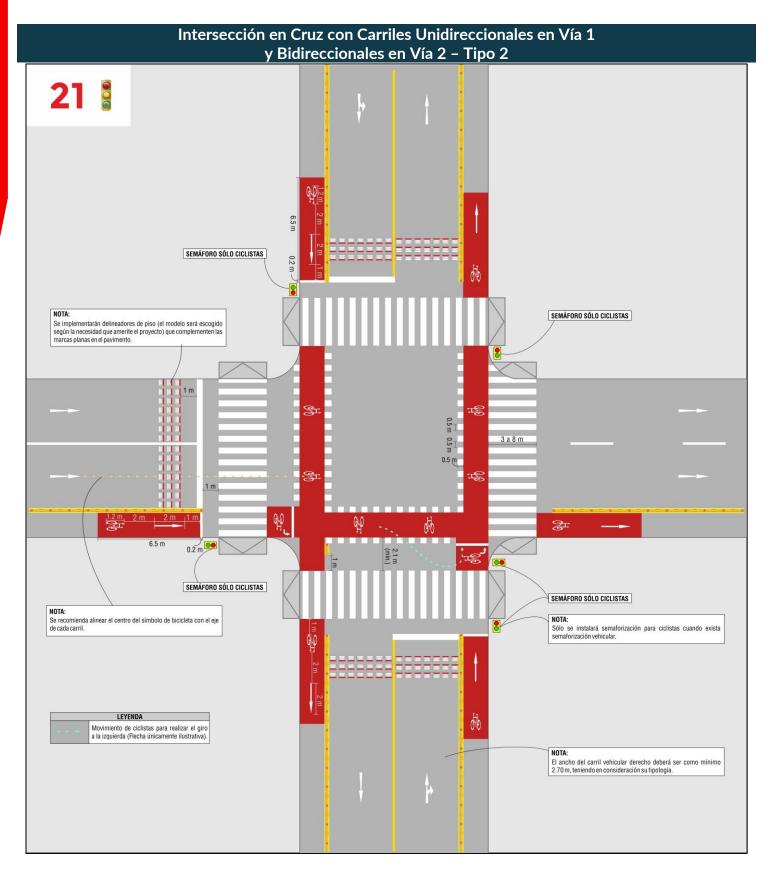


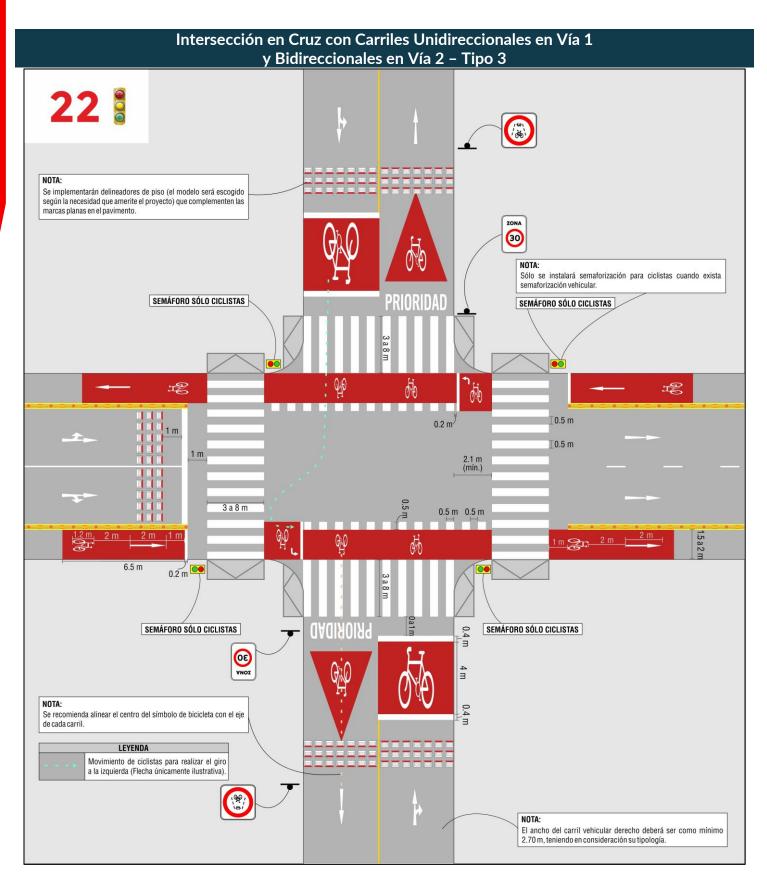


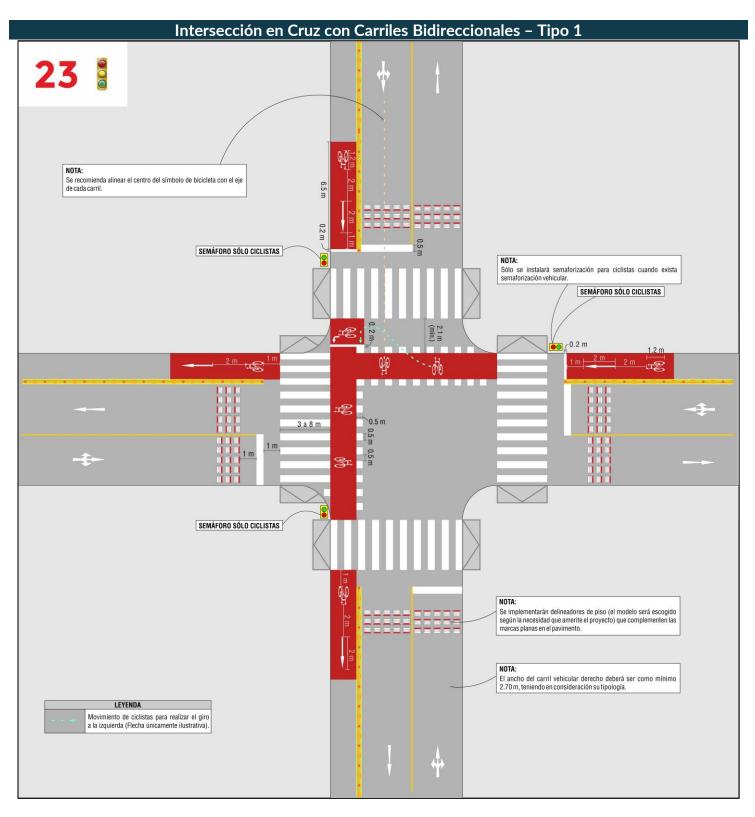


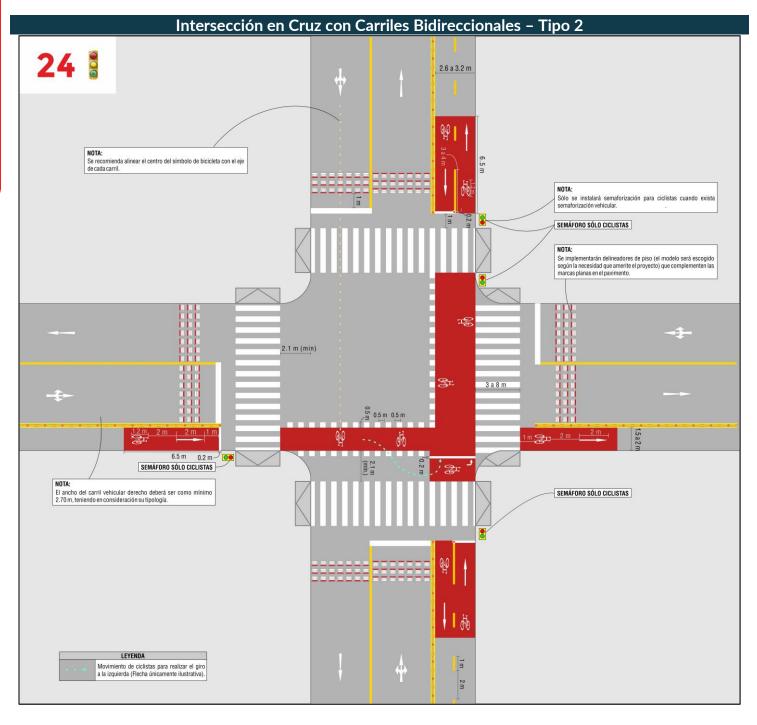


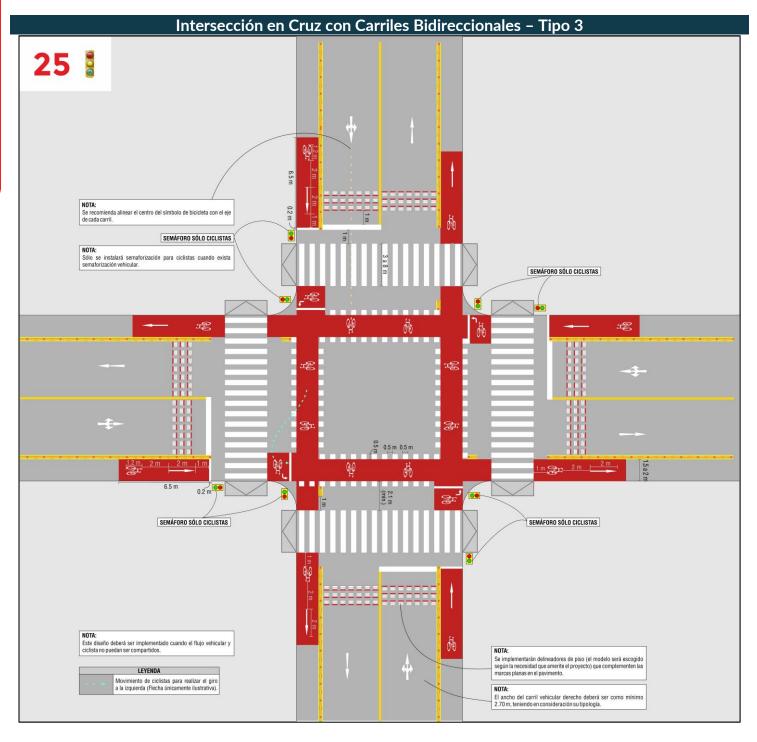


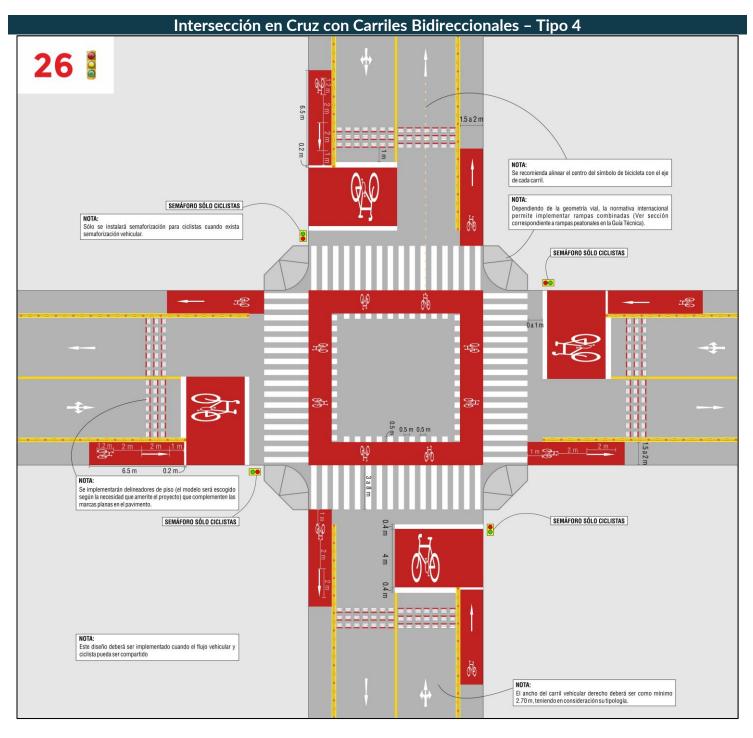


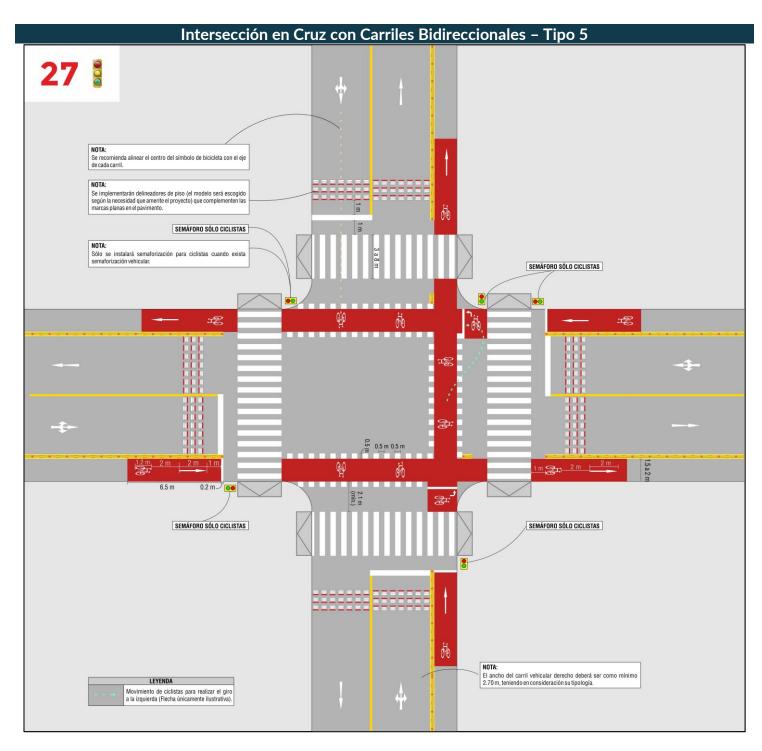


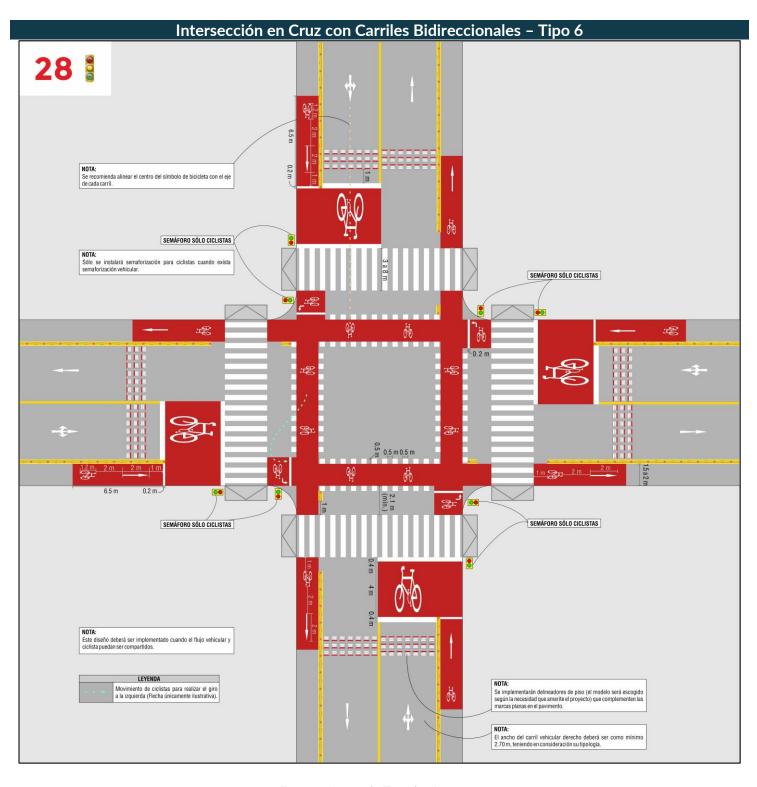


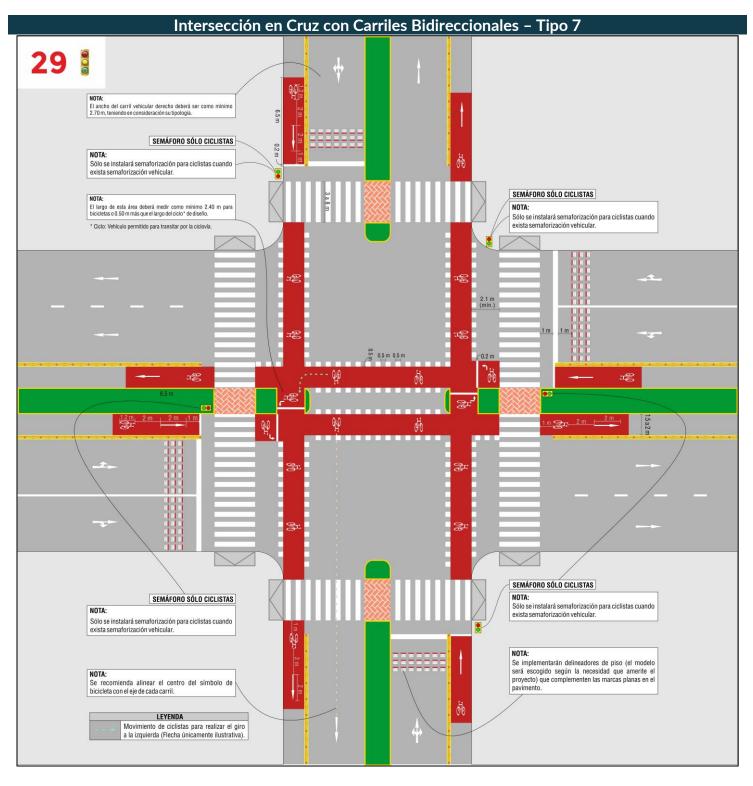


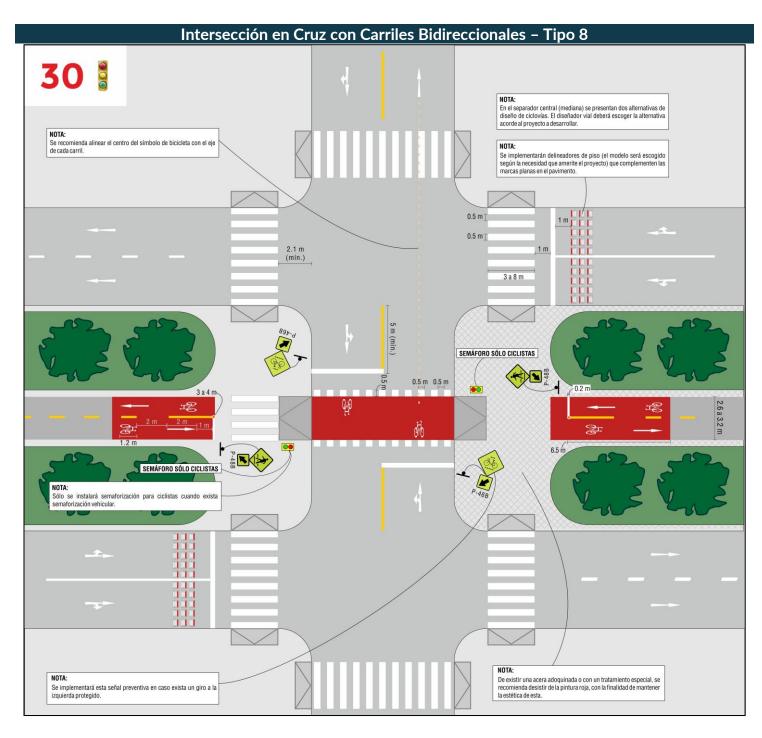


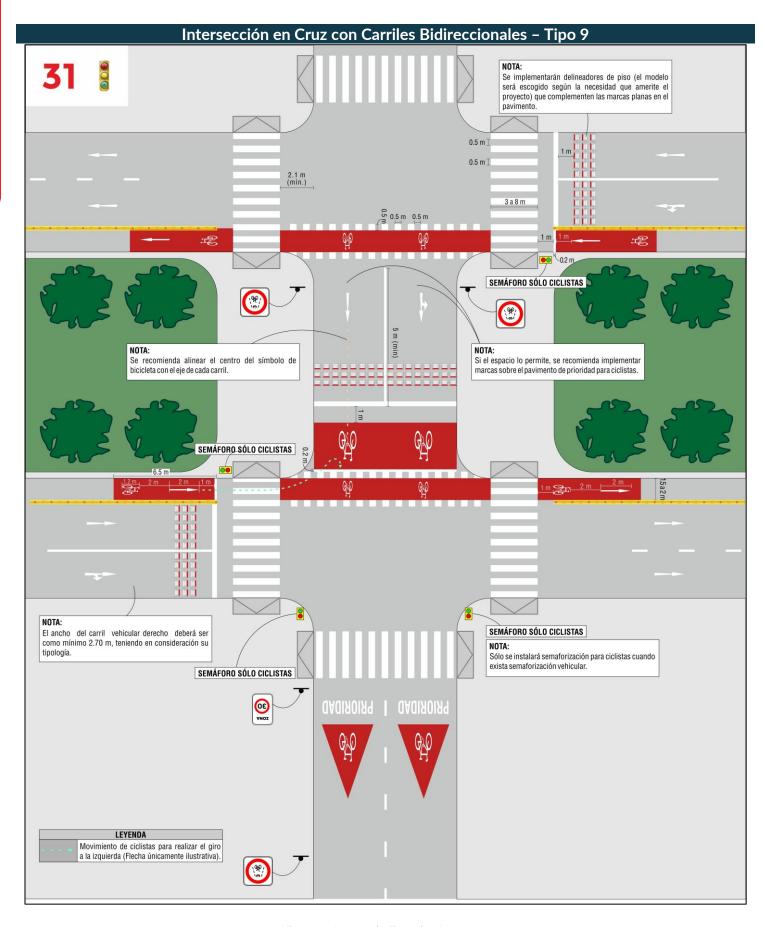


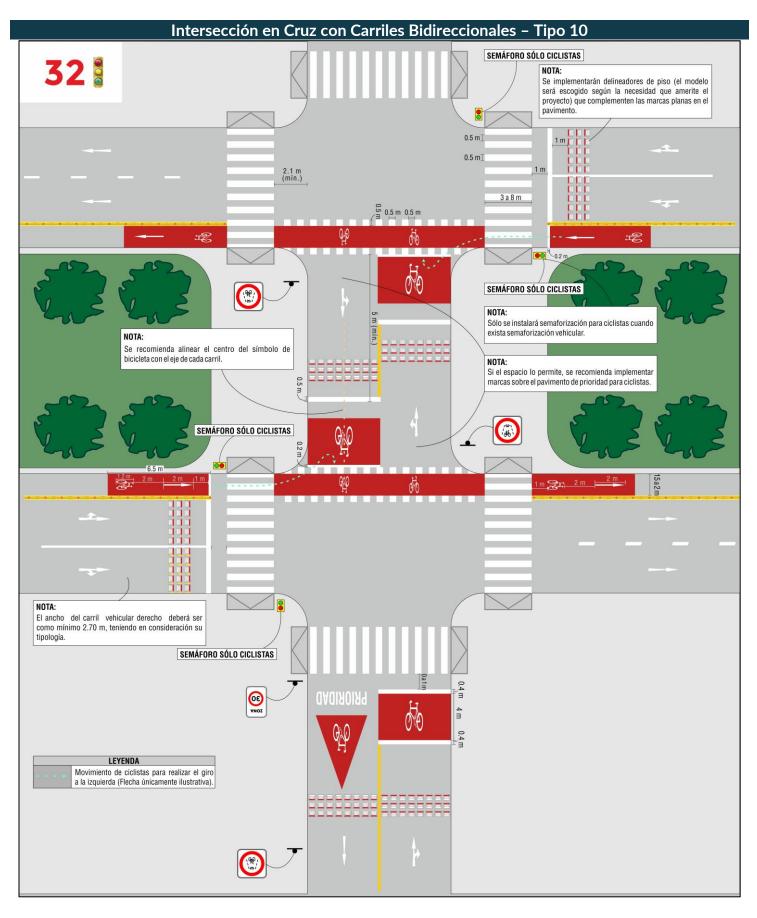


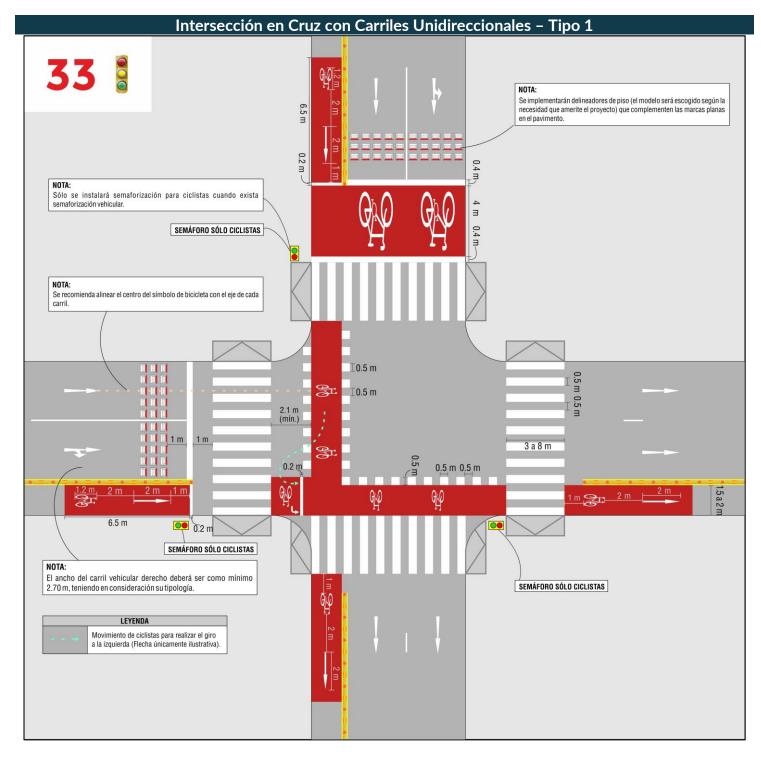


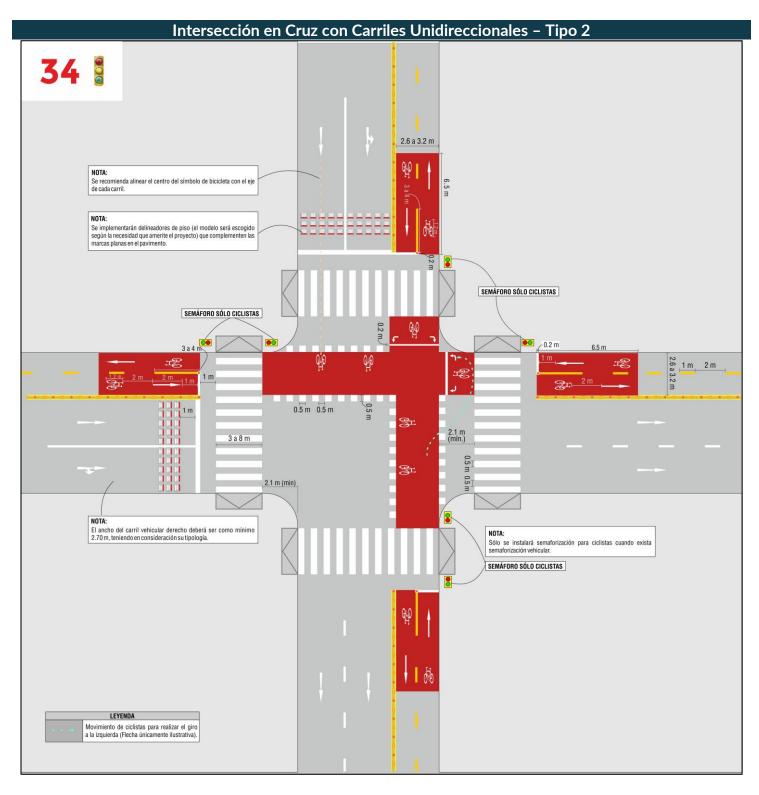


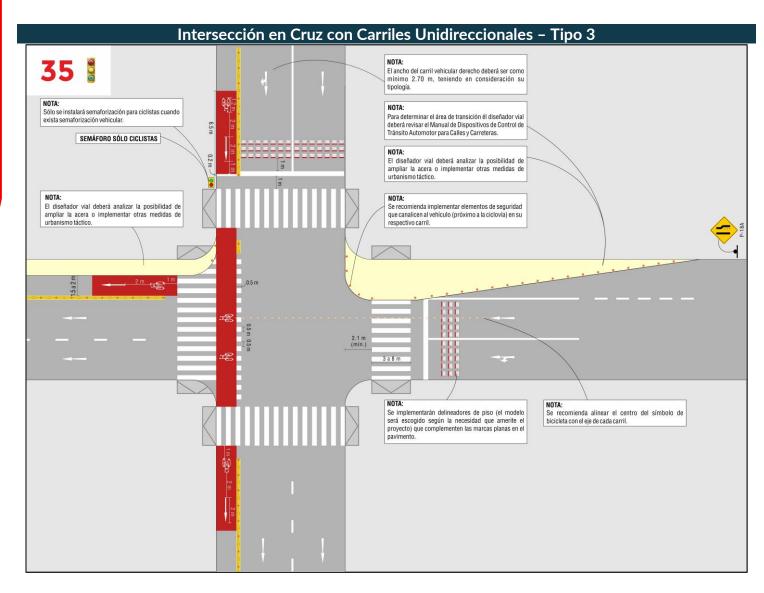




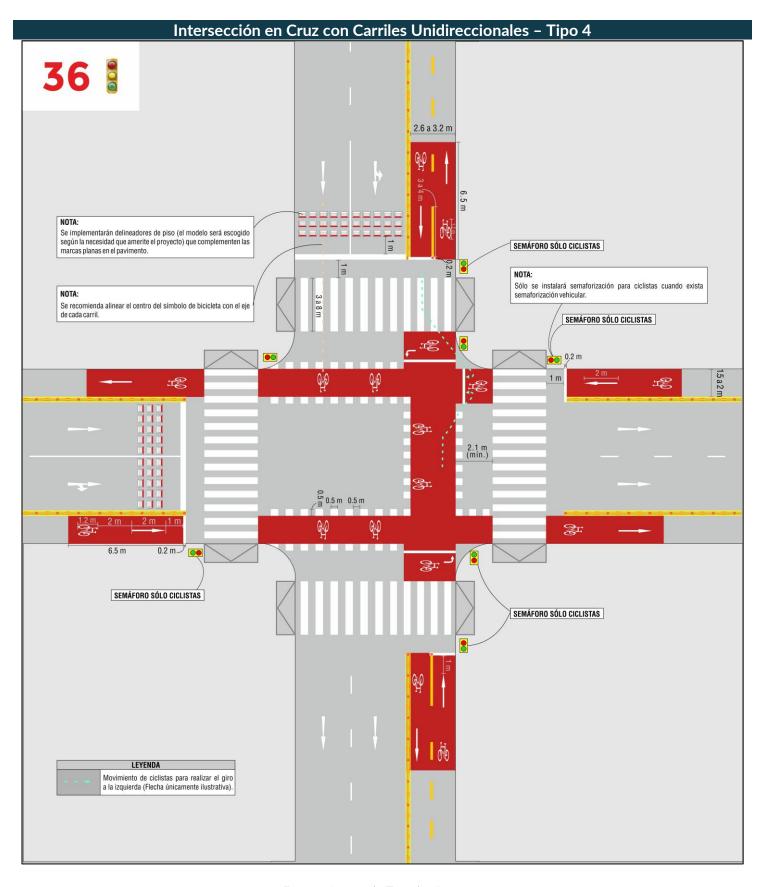


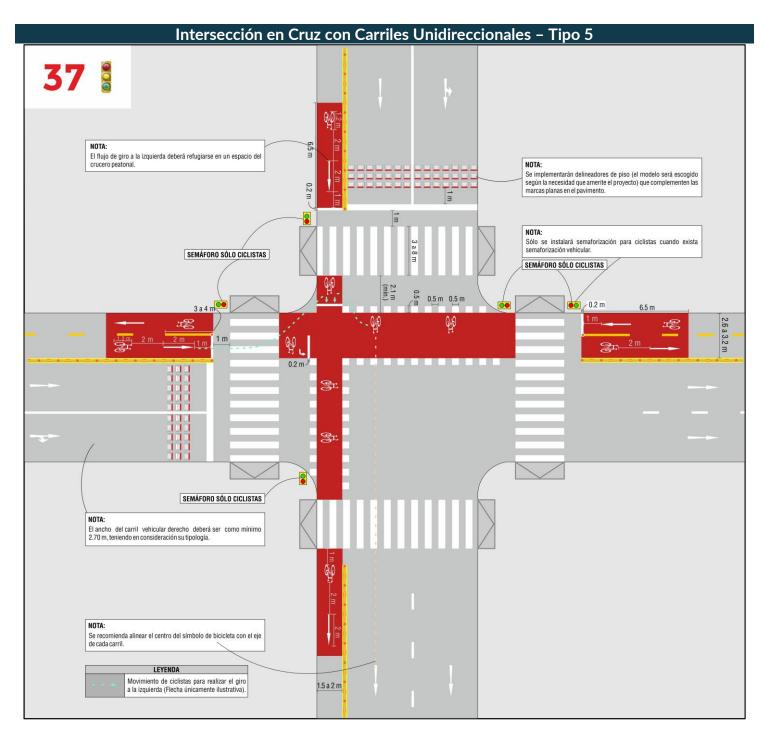


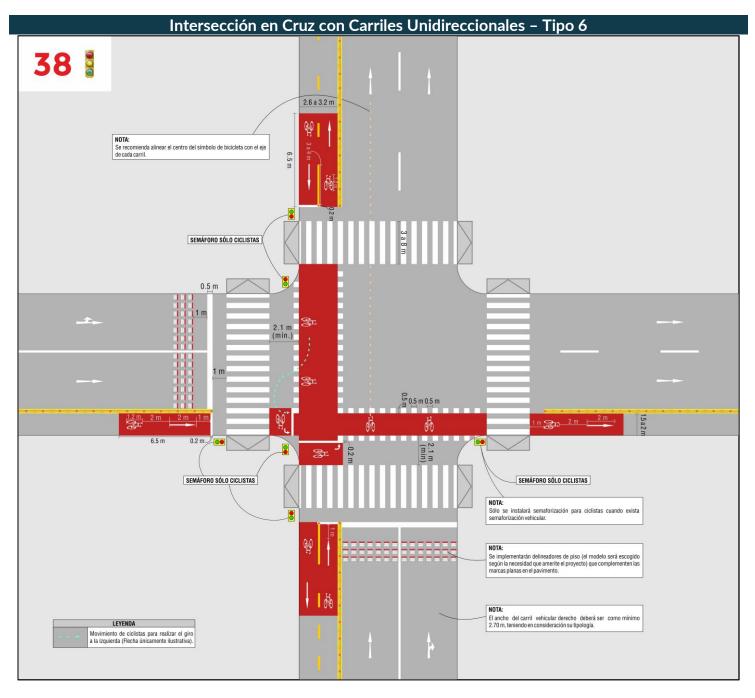


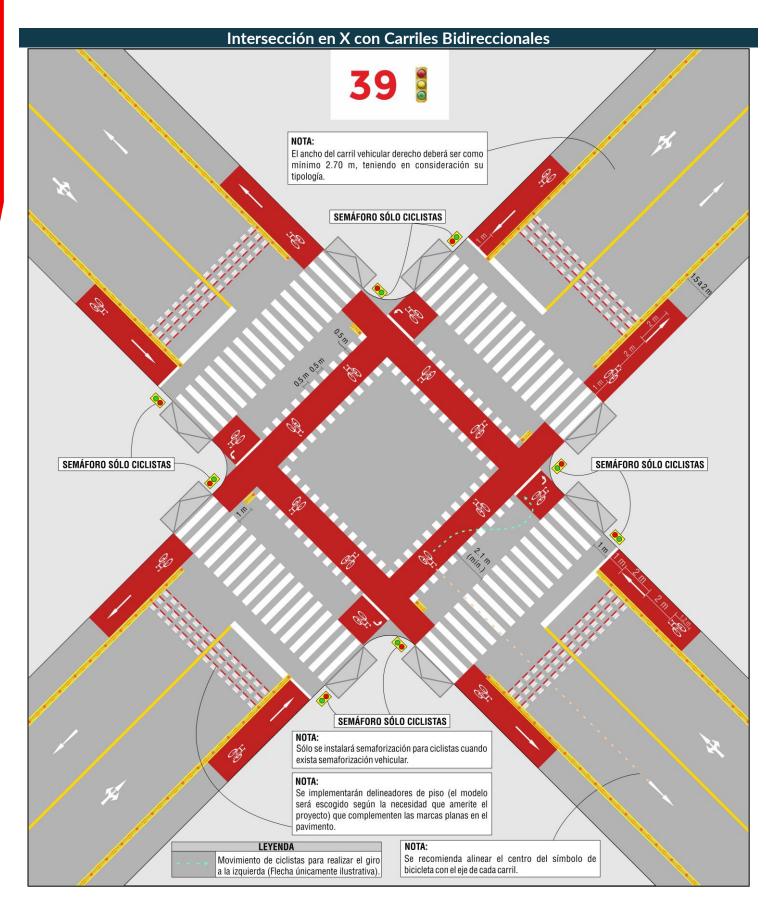


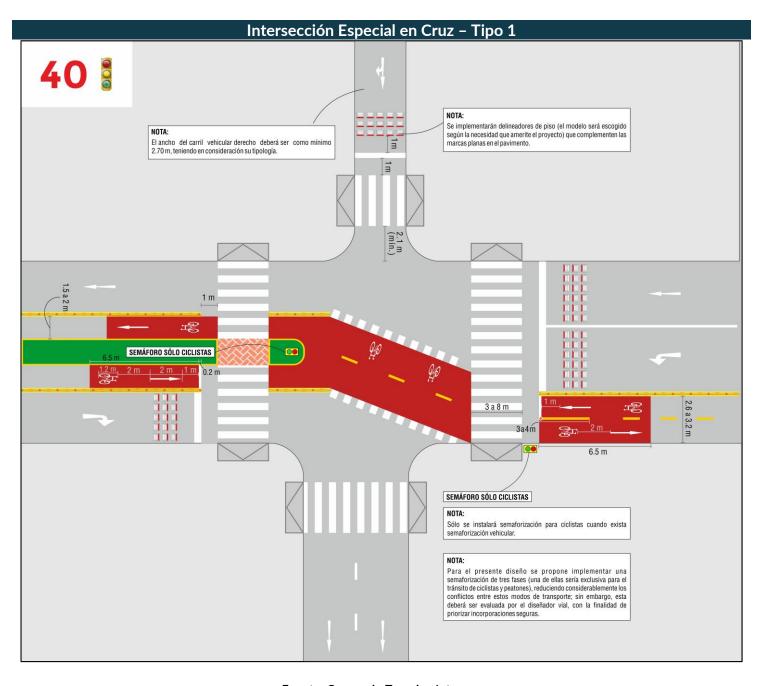
Fuente: Consorcio Transis - Intra

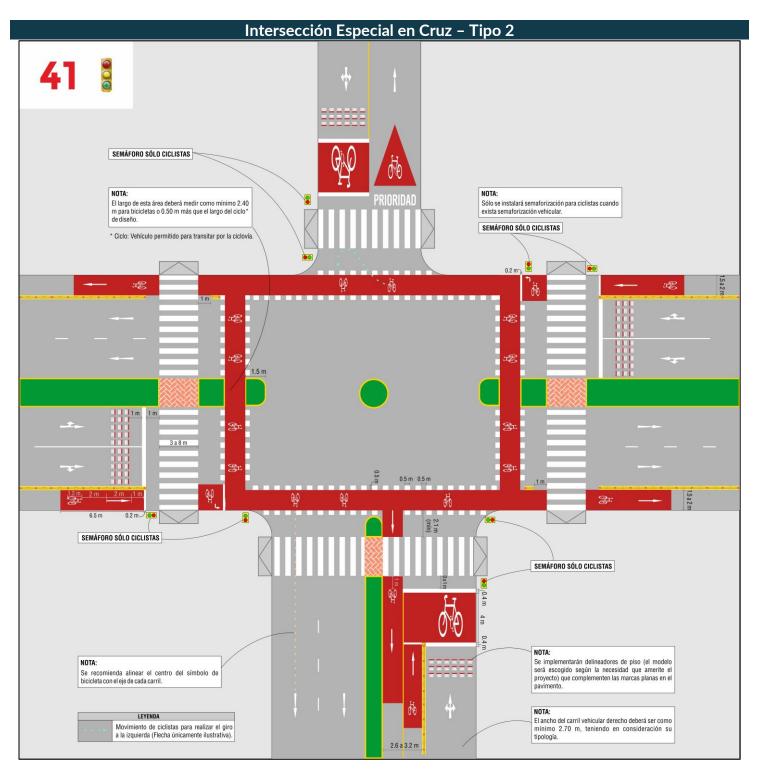


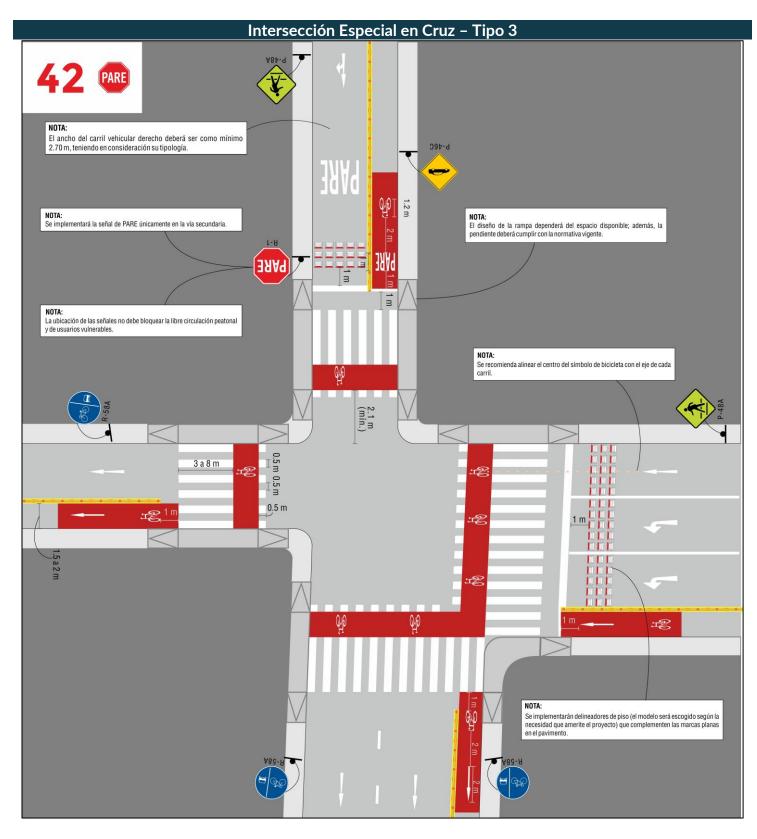




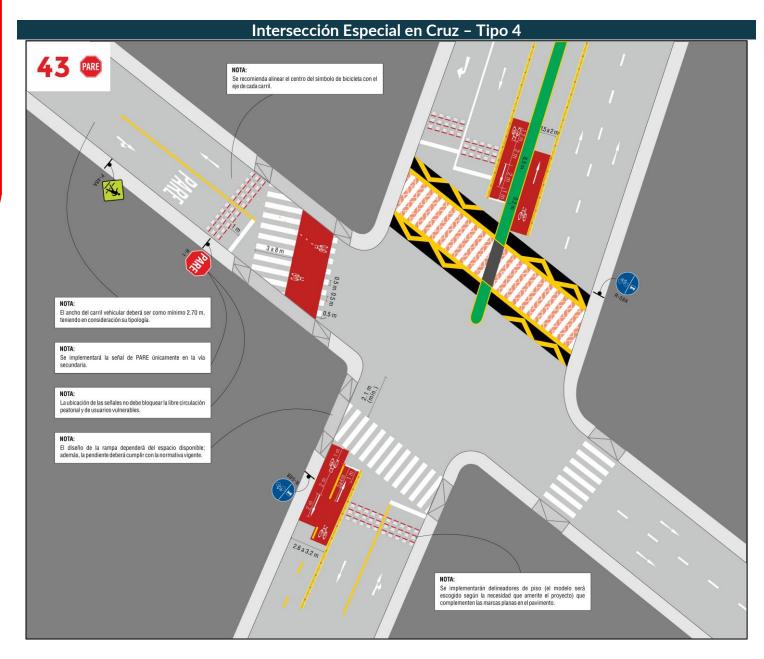




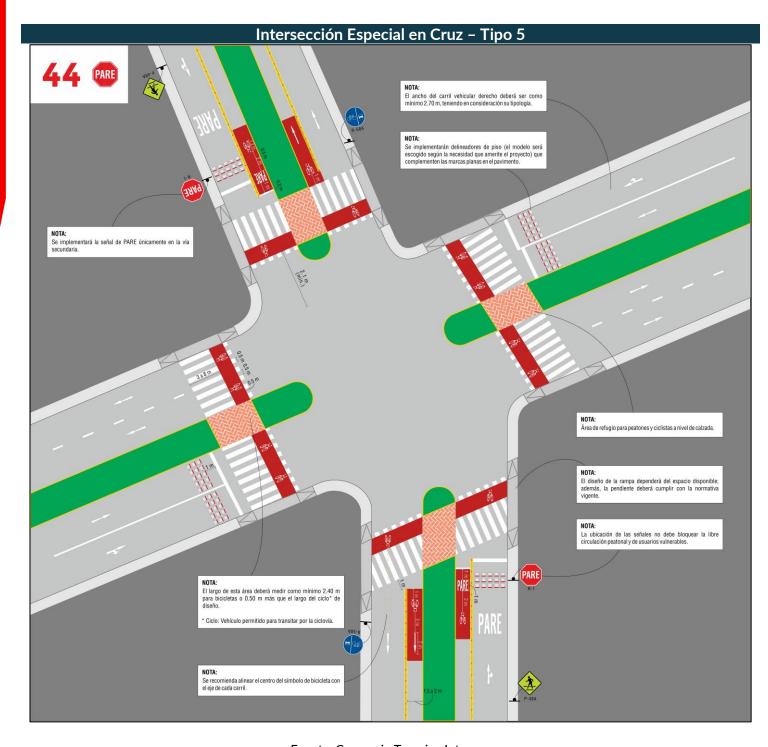




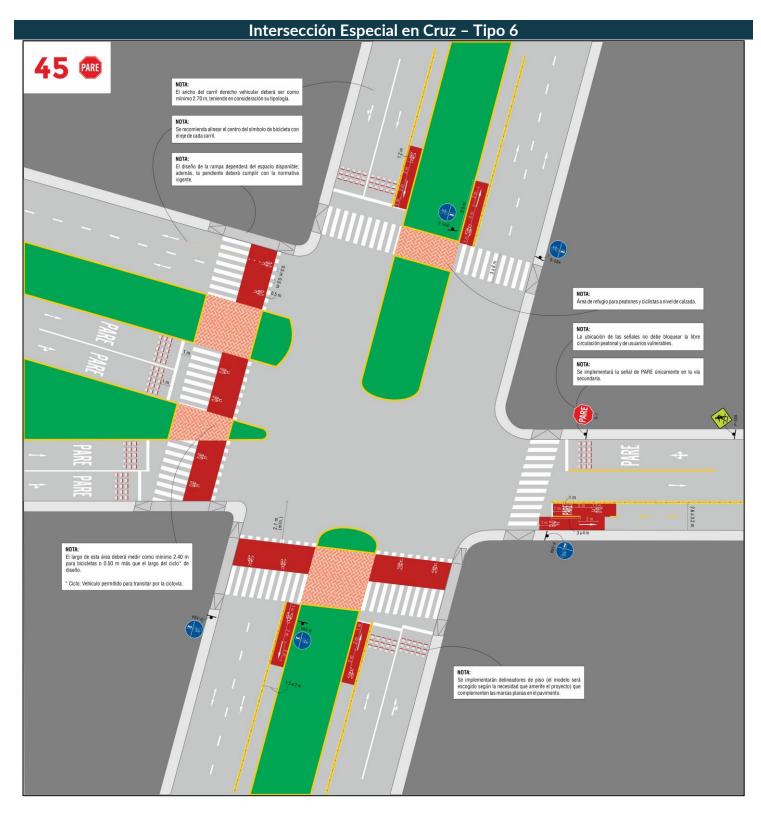
Fuente: Consorcio Transis - Intra



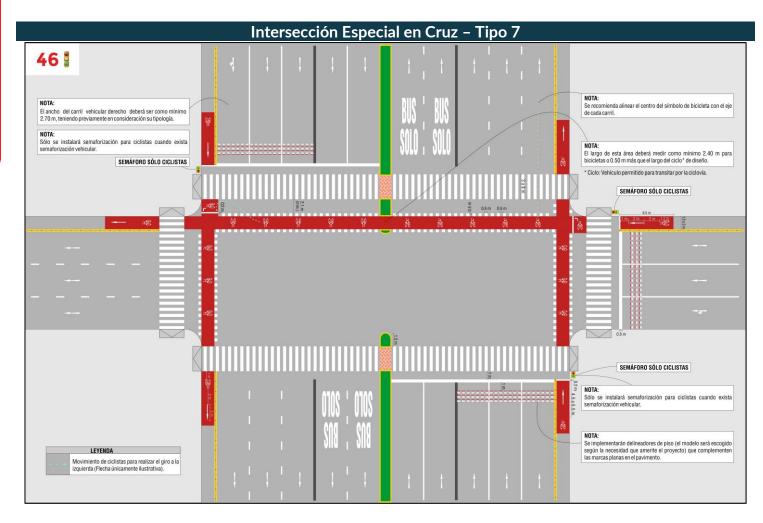
Fuente: Consorcio Transis - Intra

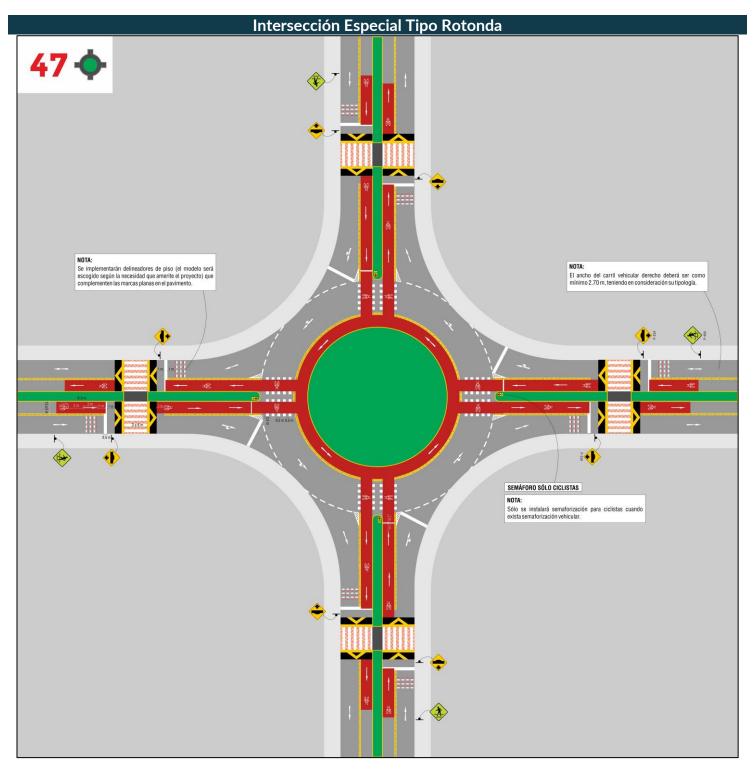


Fuente: Consorcio Transis - Intra



Fuente: Consorcio Transis - Intra





7 SEÑALIZACIÓN

La señalización propuesta tiene el fin de guiar y mejorar las condiciones de seguridad para los ciclistas en el paso por una intersección. La señalización propuesta se clasifica en señales verticales y horizontales. Adicionalmente, se incluyen ejemplos de elementos segregadores para ciclovías.

7.1 Mantenimiento de la Señalización

Las actividades o trabajos de mantenimiento/conservación de los dispositivos de señalización tienen el objetivo de asegurar la visibilidad, legibilidad, retrorreflectividad, entre otros. Estos de preferencia deben realizarse de forma rutinaria y periódica con el propósito de evitar la aparición o agravamiento de defectos en la señalización horizontal y vertical.

Los programas de mantenimiento o conservación vial deberán programar mediciones periódicas de los niveles de servicio de la señalización horizontal y vertical. Como referencia, se podrá utilizar los mínimos requeridos de la Tabla 6a y 6b respectivamente, del Capítulo 3 del Manual de Conservación Vial 2018.

Asimismo, se recomienda seguir el procedimiento recomendado para las actividades rutinarias del Capítulo 800 del Manual de Conservación Vial 2018. Donde las actividades de conservación de las señales verticales se describen en la Sección 801 y en la Sección 807 las actividades de conservación de marcas en el pavimento o señalización horizontal.

Se recomienda realizar labores de mantenimiento/conservación de todas las señales horizontales y verticales como mínimo dos veces al año, con el objetivo de evitar el deterioro de la señalización con los cambios climáticos o estacionales.

7.2 Socialización

Esta guía contiene estrategias nuevas para el diseño e implementación de señalización para ciclistas. Cada entidad encargada deberá preparar lo siguiente:

 Un curso de capacitación para su personal interno sobre la aplicación correcta de la señalización y el uso de la misma. Este curso deberá tener una duración de no menos de 6 horas. Es recomendable que esta capacitación se repita anualmente o cada vez que ingresa personal nuevo.

- 2. Una campaña dirigida a la población en general, con especial énfasis en colectivos ciclistas o grupos organizados de ciclistas para educar sobre el uso adecuado de las ciclovías, cajones bici, cajones bici para giros en dos etapas, semáforos para ciclistas, entre otros. Esta campaña deberá contar como mínimo con una campaña informativa por redes sociales y trípticos que se deberán entregar a los ciclistas en las vías más concurridas de la ciudad. Adicionalmente se podrá recurrir a otras estrategias de difusión mediática mediante radio, televisión o página web dedicada. Es recomendable que esta campaña se repita cada seis meses.
- 3. Una campaña dirigida a escolares específicamente para educar sobre el uso adecuado de las ciclovías, cajones bici, cajones bici para giros en dos etapas, semáforos para ciclistas, entre otros. Esta campaña deberá contar como mínimo con una capacitación teórica de al menos 2 horas dirigida a escolares. Para este fin, se deberá trabajar de la mano con los colegios de la jurisdicción para implementar un programa de difusión de información. Es recomendable que esta campaña se repita cada seis meses.

7.3 Señalización Vertical

Las señales verticales son dispositivos ubicados generalmente al costado de la calzada o sobre la acera (al costado de las ciclovías en la berma central). Estos tienen la finalidad de reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios acerca de las regulaciones especiales (presencia de ciclovía) de la zona donde circula o transita. La mayoría de las señales verticales presentadas se encuentran en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016, a excepción de la señal "Vía Compartida" y "Zona 30", las cuales se encuentran propuestas en el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista (2017) y en la Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible no Motorizado (2020).

El Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 brinda más información respecto a la instalación de señales, tal como distancia de la calzada, altura de la señal, retrorreflectividad requerida, entre otros.

7.3.1 Pare (R-1)

Esta señal reglamentaria indica al Ciclista y Conductor que debe detener completamente la bicicleta o el vehículo. Se colocará al borde de la vía como mínimo a una distancia de 2 m del inicio de la vía interceptada. Esta se implementa en intersecciones no semaforizadas y se complementa con marcas en el pavimento que incluyen la línea de retención, leyenda de pare, o cruce de peatones.

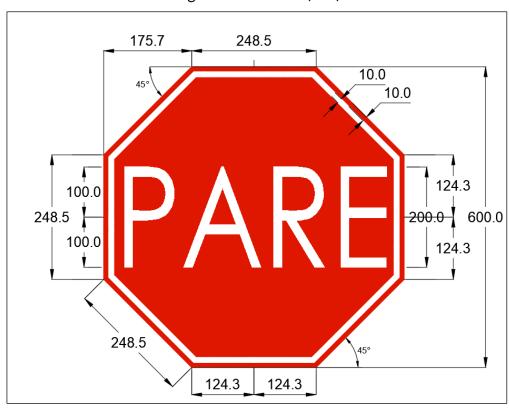


Figura 13. Pare (R-1)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

Nota 2: Dimensiones mínimas para vías con velocidades menores a 50 km/h

7.3.2 Vía Segregada Motorizados - Bicicletas (R-58A - R-58B)

Esta señal reglamentaria indica al Ciclista y Conductor que las vías se encuentran separadas o segregadas para el tránsito de vehículos motorizados y bicicletas. Se debe complementar con dispositivos para una adecuada operación de la vía. Esta se implementa en intersecciones no semaforizadas.

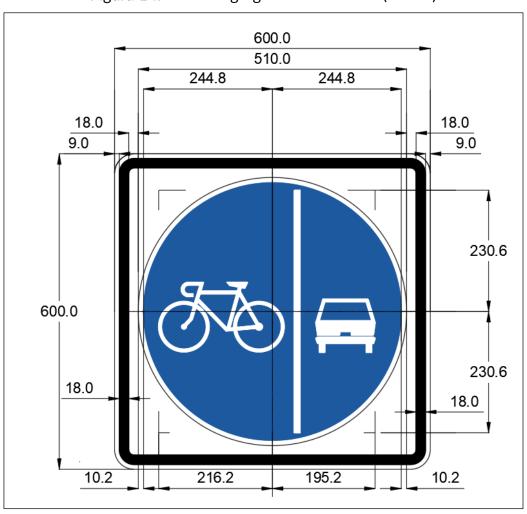


Figura 14. Vía Segregada Motorizados (R-58A)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

Nota 2: Dimensiones mínimas para vías con velocidades menores a 50 km/h

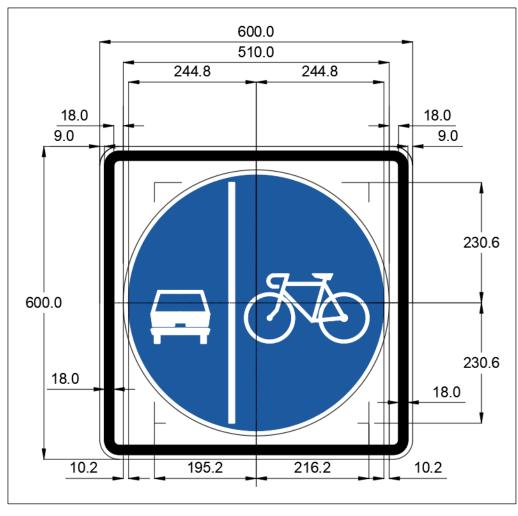


Figura 15. Vía Segregada Motorizados (R-58B)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

Nota 2: Dimensiones mínimas para vías con velocidades menores a 50 km/h

7.3.3 Vía Compartida

Esta señal reglamentaría no se encuentra en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016. Está se propone en el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017 y en la Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible no Motorizado 2020. Esta señal indica al Ciclista y al Conductor que se encuentran sobre una vía compartida. Donde el ciclista tiene prioridad de circulación. Esta señal debe complementarse con la señal vertical "Zona 30" y demarcación horizontal correspondiente.

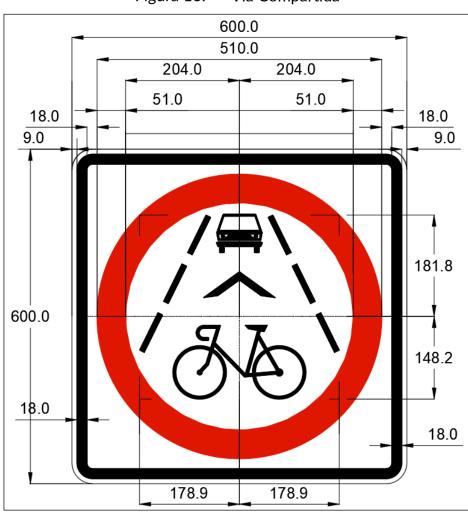


Figura 16. Vía Compartida

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

Nota 1: Dimensiones en milímetros

Nota 2: Dimensiones mínimas para vías con velocidades menores a 50 km/h

7.3.4 Zona 30

Esta señal reglamentaría no se encuentra en el MDCT 2016. Está se propone en el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017 y en la Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible no Motorizado 2020. Esta señal notifica a los usuarios que están ingresando a una zona con velocidad máxima de 30 km/h, generalmente se implementa en vías locales compartidas.

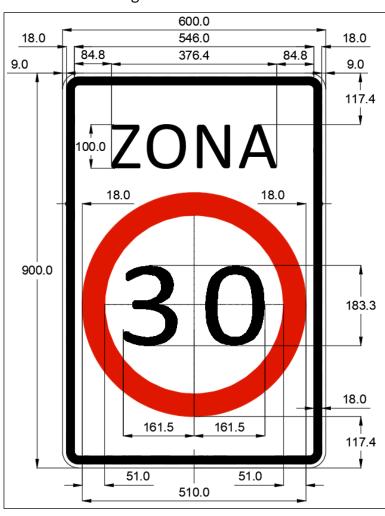


Figura 17. Zona 30

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.5 Reducción del Carril Externo al Lado Derecho (P-18A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción del carril externo al lado derecho de la calzada.

20.3 10.0 210.

Figura 18. Reducción del Carril Externo al Lado Derecho (P-18A)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.6 Ubicación de Reductor de Velocidad Tipo Resalto (P-33B)

Esta señal indica al Conductor el lugar o ubicación de un reductor de velocidad tipo resalto circular o trapezoidal.

10.0 10.0 10.0 10.0 118.0 118.0 118.0 60.0 60.0 75.0 75.0 133.3

Figura 19. Ubicación de Reductor de Velocidad Tipo Resalto (P-33B)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.7 Ubicación Cruce de Ciclistas (P-46B)

Esta señal preventiva indica al Conductor y al Ciclista el lugar o ubicación del cruce de "CICLOVÍA". Debe complementarse con marcas en el pavimento.

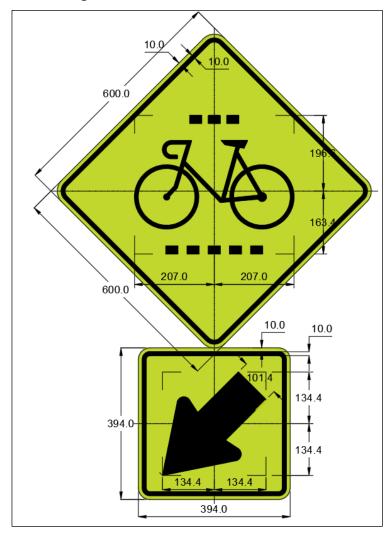


Figura 20. Cruce Peatonal (P-46B)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.8 Vehículos en la Ciclovía (P-46C)

Esta señal advierte al ciclista la proximidad de un tramo donde pueden cruzar vehículos motorizados.

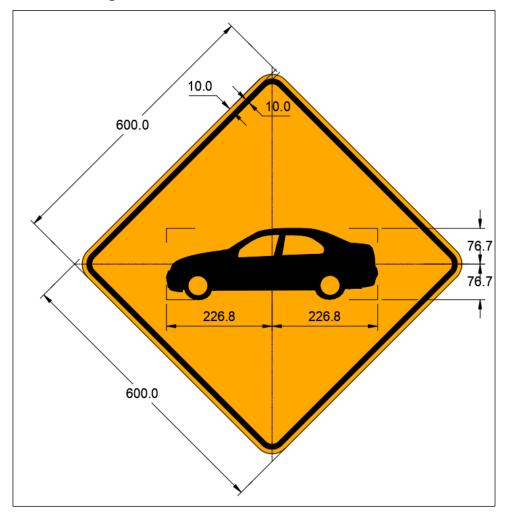


Figura 21. Vehículos en la Ciclovía (P-46C)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.9 Proximidad de Cruce Peatonal (P-48A)

Esta señal preventiva indica al ciclista y al conductor la proximidad de un cruce o paso peatonal. Debe complementarse con marcas en el pavimento.

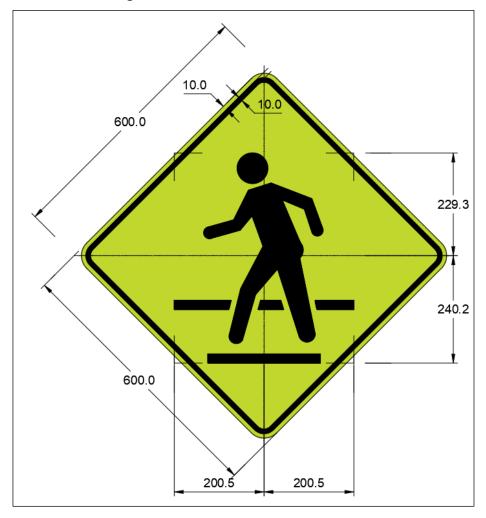


Figura 22. Cruce Peatonal (P-48A)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.10 Cruce Peatonal (P-48B)

Esta señal preventiva indica al ciclista el lugar o ubicación de un cruce o paso peatonal. Cabe resaltar que las dimensiones presentadas de la señal corresponden a un cruce entre ciclovía y paso peatonal, consultar medidas si se trata de cruce peatonal y vehicular en el MDCT 2016.

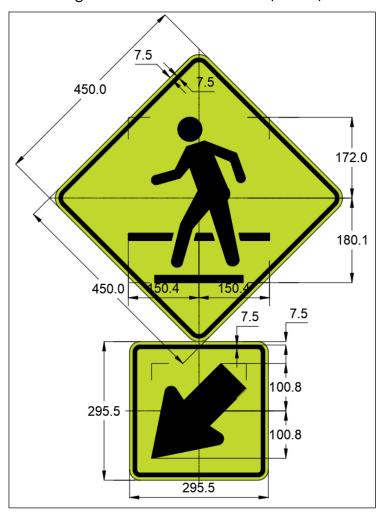


Figura 23. Cruce Peatonal (P-48B)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

Nota 2: Dimensiones mínimas para ciclovías

7.3.11 Ciclovía "Circulación no Compartida Bicicleta - Peatón" (R-42C)

Esta señal establece la obligación que tiene el ciclista y el peatón de circular por la vía que les corresponde.

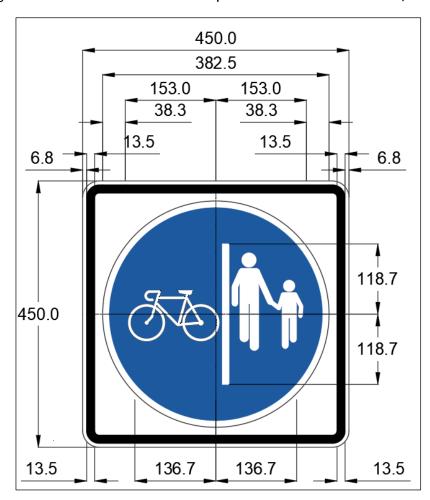


Figura 24. Circulación no Compartida Bicicleta - Peatón (R-42C)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

Nota 2: Dimensiones mínimas para ciclovías

7.3.12 Señal Ciclovía (R-42)

Esta señal se emplea para indicar al conductor sobre la existencia de una vía exclusiva para el tránsito de bicicletas (ciclovía).

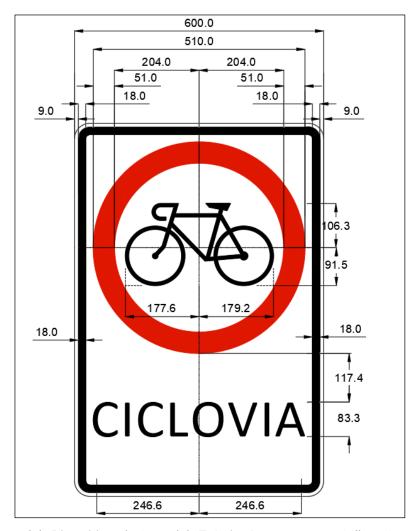


Figura 25. Ciclovía (R-42)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.13 Señal Ciclovía "Conserve la Derecha" (R-42A)

Esta señal dispone que el ciclista tiene la obligación de circular por el lado derecho de la vía.

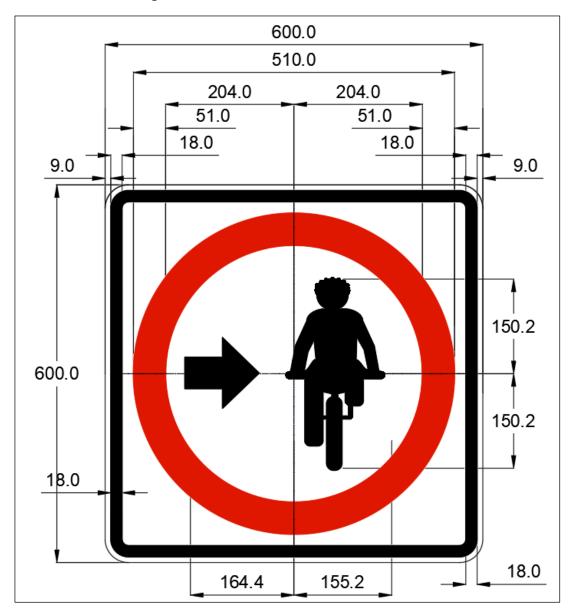


Figura 26. Conserve la Derecha (R-42A)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.3.14 Señal Ciclovía "Obligatorio Descender de la Bicicleta" (R-42B)

Esta señal dispone que el ciclista tiene la obligación de descender de la bicicleta y circular a pie por un tramo o punto específico.

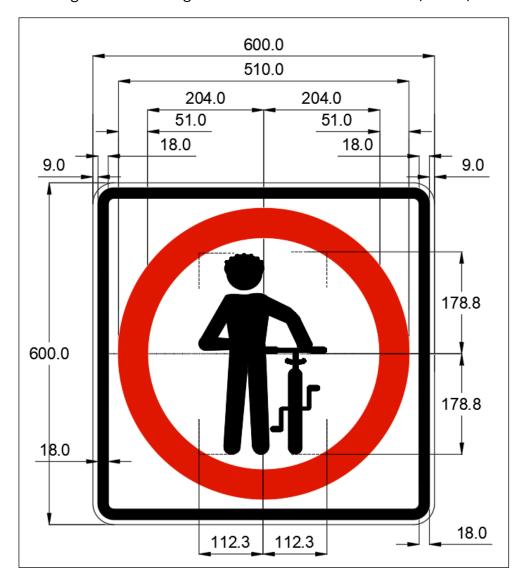


Figura 27. Obligatorio Descender de la Bicicleta (R-42B)

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Nota 1: Dimensiones en milímetros

7.4 Marcas en el Pavimento o Demarcaciones

Las marcas en el pavimento o demarcaciones constituyen señalización horizontal y tienen la función de transmitir instrucciones y mensajes que otro tipo de dispositivos no lo pueden hacer de manera efectiva. Los materiales, uso de colores y otras especificaciones técnicas deberán cumplir con lo establecido en los manuales vigentes: Especificaciones de Pinturas para Obras Viales y Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Cabe notar que las señales que se presentan a continuación solo corresponden a las ciclovías y para su elaboración se tomó como base el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016, Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva, Guía de Circulación del Ciclista y la Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible no Motorizado.

7.4.1 Flechas Direccionales

Las flechas indican el sentido de circulación. Se demarcan de color blanco y sus dimensiones se presentan en la siguiente figura.

200 Color blanco

Figura 28. Flecha Direccional en Ciclovías

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.4.2 Pictograma de Bicicleta

Se demarcan en el pavimento con pintura blanca. Las dimensiones del pictograma se presentan en la siguiente figura.

0021

Figura 29. Pictograma de Bicicleta

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.4.3 Cajones Bici para Giros en Dos Etapas para Bicicletas

Se demarca en el pavimento con pintura blanca (pictograma y flecha de giro) y roja (espacio de refugio disponible), se ubican después del crucero peatonal en el sentido de circulación. Este espacio sirve para que los ciclistas puedan realizar los giros/cruces de forma segura en dos fases. Las dimensiones del pictograma y flecha de giro son constantes, mientras que las dimensiones del cajón bici para giro en dos etapas son variables, dependerá del espacio con el que se cuente.

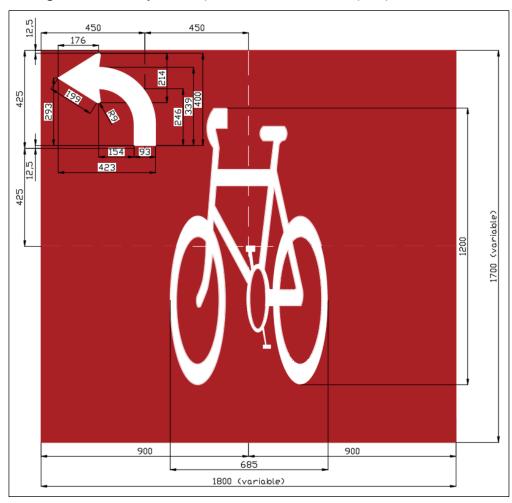


Figura 30. Cajón Bici para Giros en Dos Etapas para Bicicletas

Fuente: Consorcio Transis-Intra y Adaptaciones del Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.4.4 Cajón Bici

Se demarca en el pavimento con pintura blanca el pictograma y franjas de retención, y pintura roja el espacio de cajón bici disponible. Se ubica entre la línea de retención vehicular y el crucero peatonal en el sentido de circulación. Este espacio sirve para albergar ciclistas y puedan anticipar a los vehículos en las intersecciones semaforizadas. Las dimensiones del pictograma y altura del cajón bici son constantes, mientras que el ancho del cajón bici es variable y dependerá del ancho de la calzada.

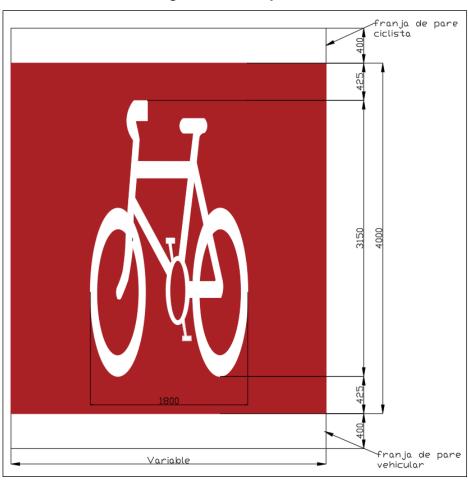


Figura 31. Caja Bici

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.4.5 Prioridad Para Ciclistas en Vía Compartida

Se utiliza para indicar que la calzada es una vía compartida entre el ciclista y el vehículo motorizado, donde el ciclista tiene la prioridad de paso. Esta señal horizontal está compuesta por la leyenda "PRIORIDAD" demarcada con color blanco, el triángulo de color rojo delimitado por una franja blanca de 100 mm y al centro el pictograma de bicicleta de color blanco. Se recomienda colocarla al inicio y fin del tramo, acompañada de la señal vertical "Vía Compartida" y "Zona 30".

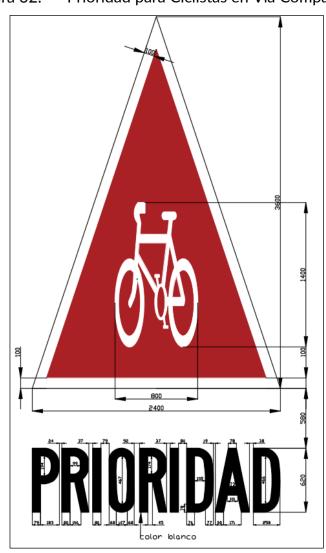


Figura 32. Prioridad para Ciclistas en Vía Compartida

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.4.6 Barra de Pare o Línea de Retención

Se utiliza para indicar al ciclista que debe detenerse. Esta señal horizontal debe ser demarcada con color blanco. Esta se demarca en intersecciones no semaforizadas y semaforizadas, a la altura de la barra de retención vehicular. Las dimensiones se muestran a continuación.

Color blanco

Longitud Variable: 1500 - 2000

Figura 33. Barra de Retención en Ciclovías

Fuente: Consorcio Transis-Intra Nota: Dimensiones en milímetros

7.4.7 Leyenda "PARE"

Se utiliza para indicar al ciclista que debe detenerse. Esta señal horizontal está compuesta por la leyenda "PARE" que debe ser demarcada con color blanco. Esta se usa en intersecciones no semaforizadas, aproximadamente a un metro antes de la barra de retención de la ciclovía.

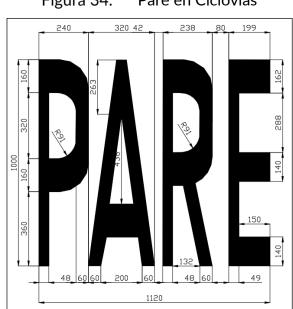


Figura 34. Pare en Ciclovías

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

7.4.8 Demarcación de Límite de Ciclovía/Ciclocarril

Se utiliza para delimitar la zona de la ciclovía o ciclocarril del carril vehicular y debe ser demarcada con color amarillo. Esta se recomienda complementarla con bolardos y bordillos no traspasables en el caso de las ciclovías. Las dimensiones se muestran a continuación. La fuente de este diseño proviene del Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, 2017.

400 400

Figura 35. Demarcación de Límite de Ciclovía/Ciclocarril

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.5 Elementos Segregadores

Los elementos segregadores forman parte de la señalización horizontal. Estos elementos tienen la función de confinar los carriles de las ciclovías y establecer la demarcación de las rutas seguras para los ciclistas.

7.5.1 Bordillos No Traspasables

Se utilizan para segregar la ciclovía y evitar que vehículos u otros motorizados la invadan. Se recomienda colocarlos sobre la demarcación de límite de ciclovía. Las dimensiones más comunes se muestran a continuación.

pernos de ancla je

1000

pernos de ancla je

125 250 250 250 125 pernos de ancla je

Figura 36. Ejemplo de Bordillos No Traspasables

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.5.2 Bolardos

Se utilizan para segregar la ciclovía y evitar que vehículos u otros motorizados la invadan. Se recomienda que los bolardos cuenten con franjas de material reflectante de alta intensidad para mejorar su visibilidad, especialmente de noche y que presenten formas suaves sin aristas, cuenten con protección contra rayos UV, humedad, aceite y variaciones climáticas.

Se recomienda colocarlos sobre la demarcación de límite de ciclovía, en conjunto con los bordillos. Las dimensiones más comunes se muestran a continuación.

800

Figura 37. Ejemplo de Bolardos Flexibles

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

7.5.3 Disposición de Bolardos y Bordillos sobre Demarcación de Limite de Ciclovía

Se presenta un ejemplo de la disposición de bolardos y bordillos sobre la demarcación de límite de ciclovía. Notar que, el diámetro del bolardo ejemplo es 0.125 m y la longitud del bordillo es de 1.0 m. Se recomienda disponerlos de forma intercalada para mejorar su visibilidad y proteger de manera efectiva a los ciclistas. Asimismo, respecto a su distribución, se recomienda que la distancia entre eje a eje de los distintos elementos segregadores sea constante y que la distancia entre elementos similares (ej. bolardo a bolardo, de eje a eje) oscile entre 1.0 y 2.0 m, esto para prevenir que los vehículos u otros motorizados puedan invadir la ciclovía. Es necesario leer la sección de Consideraciones Previas de esta guía para tomar en consideración necesidades de embarque y desembarque de pasajeros y estrategias para calmar el tráfico en intersecciones, que involucran la instalación de estos elementos.

1060 1060 1060 1060 1060

Figura 38. Ejemplo de Disposición de Elementos Segregadores

Fuente: Consorcio Transis-Intra y Adaptado del Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista 2017

8 SEMAFORIZACIÓN

La tecnología semafórica en una intersección puede ser muy básica y simple o altamente sofisticada. El nivel de sofisticación de la tecnología está directamente relacionado con el nivel de seguridad y capacidad operativa de una intersección. Cuanto más sofisticada es la tecnología en una intersección, se logra más seguridad y eficiencia. Los siguientes conceptos deben considerarse durante el diseño de una ciclovía a través de una intersección semaforizada.

8.1 Conceptos de Normativas Nacionales e Internacionales

8.1.1 Compatibilidad entre Geometría y Semaforización

En intersecciones semaforizadas debe existir compatibilidad entre la geometría de una intersección y la infraestructura y operación semafórica instalada. Una intersección que no tiene compatibilidad entre geometría y semaforización dificulta la operación segura de todos los usuarios, incluyendo ciclistas. Un claro ejemplo de intersecciones sin compatibilidad geometría/semaforización son aquellas donde se forman colas desordenadas de vehículos en la parte central de la intersección.

Se puede operar una ciclovía a través de una intersección sin semáforo exclusivo para ciclistas, pero únicamente si el ciclista puede ver el semáforo vehicular y operar durante las mismas fases vehiculares con seguridad. En otros casos, debe implementarse un semáforo para ciclistas que permita brindar fases exclusivas y segregar los movimientos vehiculares, peatonales y de ciclistas.

8.1.2 Ubicación de Semáforos

Los semáforos deben colocarse acorde al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 y el Manual of Uniform Traffic Control Devices MUTCD. En principio, los semáforos para ciclistas deben ubicarse en el cono de visibilidad del ciclista que está mirando de frente sin necesidad de girar o levantar/bajar su cabeza. Los manuales mencionados proporcionan más detalle normativo respecto a la colocación de los semáforos, estas normas deben ser cumplidas en forma obligatoria.

8.1.3 Segregación de Movimientos

Los movimientos de vehículos motorizados y no motorizados deben segregarse evitando operar movimientos que entren en conflicto entre sí. Se debe entender que una operación sin conflictos requiere más tiempo semafórico, lo cual podría interpretarse como un sacrificio de la capacidad de la intersección. Sin embargo, en la mayoría de los casos esta interpretación es incorrecta, ya que la segregación de movimientos mejora la fluidez operativa de cada movimiento, inclusive incrementando la capacidad de toda la intersección en conjunto. En el caso de ciclovías, se puede optar por fases cortas denominadas "saltos". Estas fases consisten en brindar 5 a 10 segundos solo a la fase de ciclistas permitiendo que inicien sus giros a la izquierda y derecha sin conflicto. Posterior a esta fase la intersección puede operar en forma "regular". Los usuarios ciclistas también pueden operar en forma compartida con el tráfico vehicular en caso no se requieran giros o se tengan limitaciones semafóricas.

8.1.4 Orden de Fases Semafóricas

El orden de las fases semafóricas debe obedecer a un análisis de tráfico con metodologías como las del Highway Capacity Manual vigente. En este manual se presentan diagramas tipo en formato NEMA que detallan la forma de insertar la fase ciclista a la operación de una intersección, ver Sección 8.4.

8.1.5 Tiempo de evacuación

Los semáforos deben contar con un tiempo de evacuación (tiempo todo rojo) que permita evacuar a los ciclistas que ingresan a la intersección al final de la fase ámbar, sin entrar en conflicto con el flujo opuesto vehicular. La longitud del tiempo de evacuación deberá calcularse en función del tamaño de la intersección, pendiente de la vía y otras características que podrían afectar la velocidad de despeje de la intersección. En ningún caso debería iniciar la fase verde del flujo vehicular opuesto mientras ciclistas aún están terminando de cruzar ya que esto presenta un riesgo de generar una fatalidad. La Sección 9.6 presenta las fórmulas para este cálculo.

8.1.6 Proveedores de Semáforos:

El especialista debe asegurarse que el contrato con el proveedor es de tecnología abierta sin llaves, claves o limitaciones que se activen al momento de culminar la contratación con dicho proveedor. La operatividad de los semáforos con todas sus capacidades tecnológicas debe continuar una vez culminado el contrato de compra, entrenamiento e instalación con un determinado proveedor. La tecnología debe permitir la interconectividad con tecnología de terceros y en ningún caso ser cerrada únicamente al proveedor seleccionado. Todo esto debe estipularse en el contrato de adquisición de la tecnología.

8.1.7 Efectos de la Tecnología:

El nivel de tecnología de un semáforo es fundamental para brindar una operación segura y eficiente. El uso de semáforos fijos y con solo dos fases genera congestión y desorden incluso en intersecciones pequeñas. Se debe optar por controladores que permitan un mínimo de ocho fases semafóricas y con capacidad para interconexión con sistemas de actuación a través de cámaras o lazos inductivos e interconexión a una central de control. Esto permitirá brindar operaciones más eficientes y seguras. En caso no se cuente con semáforos con estas capacidades, se podrá optar por semáforos más simples en forma excepcional en intersecciones pequeñas o de bajo flujo, pero tomando las precauciones necesarias en el diseño final para evitar congestión y conflictos con la ciclovía.

8.1.8 Tipos de Semáforos:

En general, los semáforos pueden tener una mezcla de características relacionadas a dos criterios fundamentales. 1. Capacidad para ajustarse a la demanda vehicular y 2. capacidad para proteger giros y movimientos de diferentes modos de transporte.

- 1. Capacidad para ajustarse a la demanda vehicular:
 - Semáforo fijo: No se ajusta a la demanda vehicular, generando más congestión.
 - **Semáforo actuado:** Se ajusta a la demanda vehicular, permitiendo el uso más eficiente del tiempo.

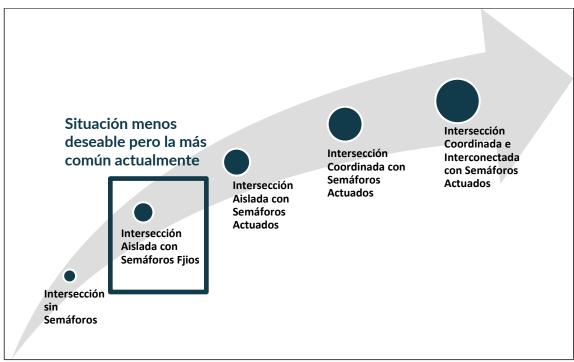
- **Semáforo aislado:** Semáforo que opera en una intersección en forma completamente aislada.
- Semáforo coordinado: Semáforo que opera en coordinación con otros semáforos en una misma vía o red vial.
- **Semáforo interconectado:** Semáforo conectado a una central de control. Permite ajustes más sofisticados e inclusive puede "aprender" los patrones de tráfico con el tiempo.
- 2. Capacidad para proteger los giros y movimientos de diferentes modos de transporte:
 - Semáforos con giros permitidos únicamente: No protegen a los giros. Los que giran deben tener cuidado y ceder el paso al tráfico opuesto. Son los semáforos menos seguros y más comunes.
 - Semáforos con giros protegidos (aislados): Protegen con una fase exclusiva a los que giran (mediante flechas verdes). Son los semáforos más seguros.
 - Semáforos con giros protegidos-permitidos: Protegen con una fase exclusiva durante un periodo de tiempo y luego permiten el giro sin protección. Son más eficientes, pero presentan un riesgo intermedio entre semáforos totalmente permitidos y totalmente protegidos.
 - Semáforos con giros simultáneos: Son semáforos que permiten operar fases que no entran en conflicto en forma simultánea. Por ejemplo, los giros a la izquierda de una calle y los giros a la derecha de la calle transversal, en fases protegidas con peatones en rojo.

En lo posible, se debe optar por un semáforo interconectado, con giros protegidos y capacidad para giros simultáneos, ya que estos son los que mayor seguridad y capacidad brindan.

8.2 Alternativas Tecnológicas de Semaforización

Una intersección semaforizada puede ser operada con tecnología muy básica, tecnología avanzada o tecnología altamente sofisticada, dependiendo del conocimiento técnico y disponibilidad económica de una jurisdicción. Cuanto mayor nivel de tecnología se implemente en una intersección, mayor seguridad y capacidad operativa se podrá conseguir. Intersecciones con niveles de tecnología muy básica, como son las intersecciones semaforizadas fijas, no permiten brindar la capacidad necesaria para una intersección o segregar todos los movimientos. Generalmente en intersecciones con un bajo nivel de tecnología, varios movimientos confluyen entre sí y se deja un mayor número de movimientos en conflicto. Conforme la tecnología aumenta, se pueden lograr operaciones más eficientes, movimientos segregados y un número mínimo de conflictos entre usuarios de todos los modos de transporte. La siguiente figura presenta un esquema general del nivel de tecnología que se puede implementar en una intersección desde lo más básico a lo más sofisticado.

Figura 39. Alternativas Tecnológicas de Semaforización para Intersecciones en General



Fuente: Consorcio Transis - Intra

8.3 Modelos Típicos de Semaforización para Bicicletas

Para bicicletas en intersecciones, el control también se puede dar a través de sistemas muy simples y básicos o sistemas altamente sofisticados. Una intersección sin semáforos representa la situación más simple. Las bicicletas quedan controladas por una señal de Pare o Ceda el Paso, similar a los vehículos. Situaciones progresivamente más sofisticadas de control se pueden instalar con semaforización.

El control de las bicicletas mediante el semáforo vehicular suele ser el sistema más común por su bajo costo y baja necesidad de modificaciones al sistema semafórico existente. Sin embargo, este es el sistema menos seguro. Sistemas progresivamente más sofisticados, como se muestra en la Figura 40, brindan mayor seguridad para los usuarios y reducen el número de conflictos entre vehículos motorizados y bicicletas. En la medida que se puedan modernizar los sistemas de control de las intersecciones, se recomienda que se implementen sistemas progresivamente más sofisticados, siempre tomando en consideración las necesidades locales.

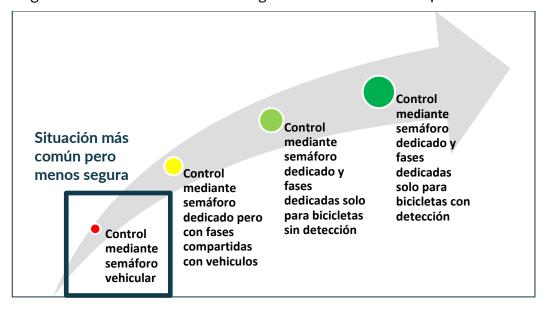


Figura 40. Alternativas Tecnológicas de Semaforización para Bicicletas

Fuente: Consorcio Transis - Intra

Las Especificaciones Técnicas de semáforos se presentan en la última sección de esta guía.

8.4 Diseño de la Semaforización

En esta sección se presentan esquemas típicos de semaforización utilizando como base el diagrama típico NEMA.

La siguiente imagen muestra la numeración típica asignada a cada movimiento en una intersección completa. En caso la intersección analizada no cuente con una determinada fase (por ejemplo, la que corresponde a un carril de giro), esa fase se ignora en el diagrama de NEMA.

Una fase se define como el tiempo verde, ámbar y todo rojo asignado un movimiento o conjunto de movimientos del tráfico.

El diagrama NEMA permite ordenar los movimientos que conforman una fase con numeración de tal forma que cada movimiento tiene asignado un número. Ciertos números pueden operar simultáneamente mientras que otros en ningún caso deben operar al mismo tiempo.

Como regla se tiene lo siguiente:

- 1. Ningún movimiento en lados opuestos de la barra central puede operar en forma simultánea (ya que son movimientos de calles transversales).
- 2. Ningún movimiento en la misma fila puede operar con verde protegido en forma simultánea (ya que son movimientos que entran en conflicto).
- 3. Por ejemplo: el 2 y el 6 pueden operar juntos, el 2 y el 5 pueden operar juntos, el 1 y el 5 pueden operar juntos, pero el 2 y el 1 (que están en la misma fila) no pueden operar juntos (con fases protegidas) porque se cruzan. Igualmente, el 6 y el 4 no pueden operar juntos porque son de calles transversales.

Existen excepciones a estas reglas con geometrías muy complejas o situaciones excepcionales, sin embargo, respetando estas reglas por lo general se puede lograr una intersección segura.

A continuación de la figura, se presentan esquemas típicos para diferentes situaciones semafóricas. Cabe notar que estos esquemas son referenciales y deben acompañar los estudios de movilidad, diseño geométrico y diseño semafórico que se ajuste a las necesidades de una intersección.

itud de Ciclo

Central

Fuente: Consorcio Transis - Intra

8.5 Esquemas Típicos de Semaforización

En esta sección se presentan esquemas típicos de semaforización para intersecciones bajo tres situaciones 1. sin semáforos para ciclistas, 2. con semáforos para ciclistas, pero sin fases exclusivas y 3. con semáforos para ciclistas y con fases exclusivas. Cabe resaltar que las situaciones 1 y 2 son esencialmente lo mismo, la situación 2 es marginalmente más segura que la 1 pero no brinda una protección física adicional a ciclistas. Únicamente la situación 3 separa completamente los movimientos ciclistas de los vehiculares y es la más recomendable.

8.5.1 Sin Semáforo para Ciclistas

Dependiendo de la complejidad de la intersección, se podría implementar una gran variedad de orden de fases. Las fases semafóricas se pueden diseñar utilizando los siguientes esquemas:

8.5.1.1 Esquema de Semaforización 1

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con solo dos fases. Este es el esquema más simple pero menos seguro y con mayor cantidad de conflictos entre ciclistas y vehículos.

Figura 42. Esquema de Semaforización NEMA - 1

Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

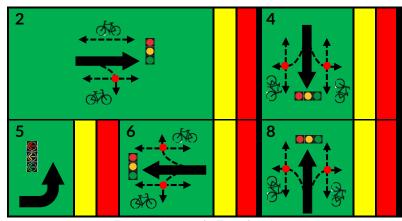
Fase 1: Movimientos 2 y 6

Fase 2: Movimientos 4 y 8

8.5.1.2 Esquema de Semaforización 2

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con tres fases y un giro a la izquierda protegido.

Figura 43. Esquema de Semaforización NEMA - 2



Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 5

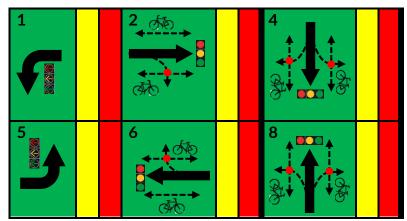
Fase 2: Movimientos 2 y 6

Fase 3: Movimientos 4 y 8

8.5.1.3 Esquema de Semaforización 3

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con cinco fases y dos giros a la izquierda protegidos.

Figura 44. Esquema de Semaforización NEMA - 3



Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 1 y 5

Fase 2: Movimientos 1 y 6

Fase 3: Movimientos 2 y 5

Fase 4: Movimientos 2 y 6

Fase 5: Movimientos 4 y 8

8.5.1.4 Esquema de Semaforización 4

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con ocho fases, todos los giros vehiculares son protegidos. Se mantienen los conflictos entre vehículos y bicicletas, pero solo en los giros a la derecha.

Figura 45. Esquema de Semaforización NEMA - 4

Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 1 y 5

Fase 2: Movimientos 1 y 6

Fase 3: Movimientos 2 y 5

Fase 4: Movimientos 2 y 6

Fase 5: Movimientos 3 y 7

Fase 6: Movimientos 3 y 8

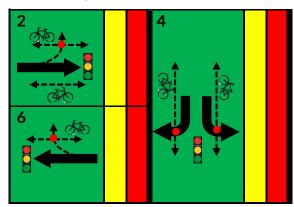
Fase 7: Movimientos 4 y 7

Fase 8: Movimientos 4 y 8

8.5.1.5 Esquema de Semaforización 5

Esquema de semaforización para una intersección tipo T con dos fases.

Figura 46. Esquema de Semaforización NEMA - 5



Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

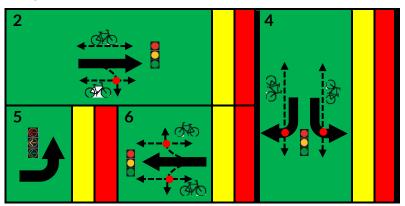
Fase 1: Movimientos 2 y 6

Fase 2: Movimiento 4

8.5.1.6 Esquema de Semaforización 6

Esquema de semaforización para una intersección tipo T con tres fases y giro protegido a la izquierda.

Figura 47. Esquema de Semaforización NEMA - 6



Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 5

Fase 2: Movimientos 2 y 6

Fase 3: Movimiento 4

8.5.2 Con Semáforo para Ciclistas y Fase Compartida

8.5.2.1 Esquema de Semaforización 7

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con solo dos fases. Este es el esquema más simple pero menos seguro y con mayor cantidad de conflictos entre ciclistas y vehículos. Este es similar al Esquema 1, con la única diferencia que este incluye semáforo para ciclistas, pero sin fases exclusivas. Este esquema es marginalmente más seguro que el Esquema 1.

Figura 48. Esquema de Semaforización NEMA - 7

Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 6

Fase 2: Movimientos 4 y 8

8.5.2.2 Esquema de Semaforización 8

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con tres fases y un giro a la izquierda protegido. Este es similar al Esquema 2, con la única diferencia que este incluye semáforo para ciclistas, pero sin fases exclusivas. Este esquema es marginalmente más seguro que el Esquema 2.

Figura 49. Esquema de Semaforización NEMA - 8

Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 5

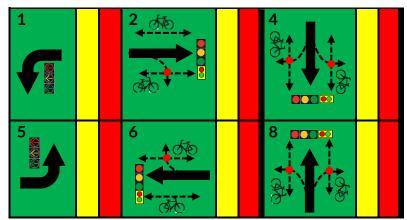
Fase 2: Movimientos 2 y 6

Fase 3: Movimientos 4 y 8

8.5.2.3 Esquema de Semaforización 9

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con cinco fases y dos giros a la izquierda protegidos. Este es similar al Esquema 3, con la única diferencia que este incluye semáforo para ciclistas, pero sin fases exclusivas. Este esquema es marginalmente más seguro que el Esquema 3.

Figura 50. Esquema de Semaforización NEMA - 9



Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 1 y 5

Fase 2: Movimientos 1 y 6

Fase 3: Movimientos 2 y 5

Fase 4: Movimientos 2 y 6

Fase 5: Movimientos 4 y 8

8.5.2.4 Esquema de Semaforización 10

Esquema de semaforización para una intersección tipo cruz con ocho fases, todos los giros vehiculares son protegidos. Se mantienen los conflictos entre vehículos y bicicletas, pero solo en los giros a la derecha. Este es similar al Esquema 4, con la única diferencia que este incluye semáforo para ciclistas, pero sin fases exclusivas. Este esquema es marginalmente más seguro que el Esquema 4.

Figura 51. Esquema de Semaforización NEMA - 10

Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 1 y 5

Fase 2: Movimientos 1 y 6

Fase 3: Movimientos 2 y 5

Fase 4: Movimientos 2 y 6

Fase 5: Movimientos 3 y 7

Fase 6: Movimientos 3 y 8

Fase 7: Movimientos 4 y 7

Fase 8: Movimientos 4 y 8

8.5.2.5 Esquema de Semaforización 11

Esquema de semaforización para una intersección tipo T con dos fases. Este es similar al Esquema 5, con la única diferencia que este incluye semáforo para ciclistas, pero sin fases exclusivas. Este esquema es marginalmente más seguro que el Esquema 5.

2

Figura 52. Esquema de Semaforización NEMA - 11

Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 6

Fase 2: Movimiento 4

8.5.2.6 Esquema de Semaforización 12

Esquema de semaforización para una intersección tipo T con tres fases y giro protegido a la izquierda. Este es similar al Esquema 6, con la única diferencia que este incluye semáforo para ciclistas, pero sin fases exclusivas. Este esquema es marginalmente más seguro que el Esquema 6.

Figura 53. Esquema de Semaforización NEMA - 12

Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 5

Fase 2: Movimientos 2 y 6

Fase 3: Movimiento 4

8.5.3 Con Semáforo para Ciclistas y Fase Exclusiva

8.5.3.1 Esquema de Semaforización 13

Esquema de semaforización para una intersección cruz con cuatro fases, dos de las cuales son para ciclistas únicamente. Este esquema es una mejora sobre los Esquemas 1 y 7 ya que proporciona una fase exclusiva y más seguridad para los ciclistas.

Figura 54. Esquema de Semaforización NEMA - 13

Fuente: Consorcio Transis - Intra

Fase 1: Movimientos 2 y 6

Fase 2: Movimiento 102 (ciclistas en calle principal)

Fase 3: Movimientos 4 y 8

Fase 4: Movimiento 104 (ciclistas en calle secundaria)

8.5.3.2 Esquema de Semaforización 14

Esquema de semaforización para una intersección cruz con siete fases, dos de las cuales son para ciclistas únicamente. Este esquema es una mejora sobre los Esquemas 3 y 9 ya que proporciona una fase exclusiva y más seguridad para los ciclistas.

Figura 55. Esquema de Semaforización NEMA - 14

Fuente: Consorcio Transis - Intra

Fase 1: Movimientos 1 y 5

Fase 2: Movimientos 1 y 6

Fase 3: Movimientos 2 y 5

Fase 4: Movimientos 2 y 6

Fase 5: Movimiento 102 (ciclistas en calle principal)

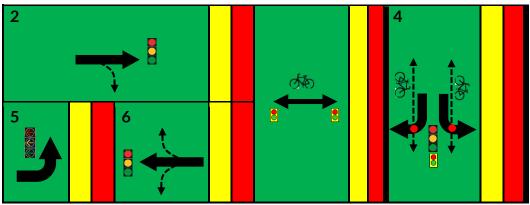
Fase 6: Movimientos 4 y 8

Fase 7: Movimiento 104 (ciclistas en calle secundaria)

8.5.3.3 Esquema de Semaforización 15

Esquema de semaforización para una intersección en T con cuatro fases, una de las cuales es para ciclistas de la vía principal únicamente. Este esquema es una mejora parcial sobre los Esquemas 6 y 12 ya que proporciona una fase exclusiva y más seguridad para los ciclistas, pero únicamente para la vía principal.

Figura 56. Esquema de Semaforización NEMA - 15



Fuente: Consorcio Transis - Intra

• Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 5

Fase 2: Movimientos 2 y 6

Fase 3: Movimiento 102 (ciclistas en calle principal)

Fase 4: Movimiento 4

8.5.3.4 Esquema de Semaforización 16

Esquema de semaforización para una intersección en T con cinco fases, dos de las cuales son para ciclistas únicamente. Este esquema es una mejora total sobre los Esquemas 6 y 12 ya que proporciona una fase exclusiva y más seguridad para los ciclistas.

Figura 57. Esquema de Semaforización NEMA - 16

Fuente: Consorcio Transis - Intra

Conflicto entre movimientos de vehículos y ciclistas.

Fase 1: Movimientos 2 y 5

Fase 2: Movimientos 2 y 6

Fase 3: Movimiento 102 (ciclistas en calle principal)

Fase 4: Movimiento 4

Fase 5: Movimiento 104 (ciclistas en calle secundaria)

9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA SEMÁFOROS

Los semáforos son dispositivos de control de tránsito que cumplen la función de regular y controlar el tránsito vehicular motorizado, no motorizado y peatonal, mediante las indicaciones de luces de color rojo, verde y ámbar (amarrillo). Los semáforos deberían ser preferiblemente actuados mediante detección dinámica de peatones, ciclistas y vehículos. En caso no sea viable adquirir semáforos actuados se podrá en forma excepcional adquirir semáforos fijos.

Estas especificaciones técnicas son genéricas, debido a que existen distintos proveedores de semáforos y como mínimo deberán cumplir los siguientes ítems.

9.1 Generalidades

El proveedor deberá suministrar semáforos con tecnología abierta sin llaves, claves o limitaciones que se activen al momento de culminar la contratación con dicho proveedor. La operatividad de los semáforos con todas sus capacidades tecnológicas debe continuar una vez culminado el contrato de compra, entrenamiento e instalación con un determinado proveedor. La tecnología debe permitir la interconectividad con tecnología de terceros y en ningún caso ser cerrada únicamente al proveedor seleccionado. En ningún caso se debe adquirir tecnología que no se pueda conectar con tecnología de terceros o requiera de algún permiso especial del proveedor o fabricante para hacerlo. El control y operatividad de los semáforos deberá ser atendible por personal de la municipalidad sin restricciones por derechos de uso, u otras limitaciones que no permitan la explotación total y al 100% de la tecnología adquirida, inclusive cuando se haya culminado el contrato con el proveedor. Todo esto debe estipularse, con asesoría legal, en el contrato de adquisición y suministro.

9.2 Materiales

9.2.1 Cuerpo de Semáforo

9.2.1.1 Tipo de Material

Los cuerpos de semáforos serán de policarbonato color negro con protección contra la radiación UV. Serán de tipo de seccional. Cada sección comprenderá una fuente luminosa eléctrica con su correspondiente sistema óptico. La parte superior o inferior de la sección estará en condiciones de ser unida a los acoplamientos de soportes por

medio de elementos de fijación adecuados. Estas uniones deben ser tales que permiten orientar los semáforos.

9.2.1.2 Viseras

La visera será tipo cachucha y confeccionada con material de policarbonato color negro de espesor mínimo 2 mm, se colocará como protección al lente y al difusor, el interior de la visera será de color negro mate.

9.2.1.3 Conductores y Borneras

Todos los conductores terminarán en una bornera con aislación adecuada, no carbonizable, provista de bornes, tuercas o tornillos de bronce o imperdibles, con indicaciones indelebles para identificación de los conductores. Se deberá tener en cuenta que los semáforos serán utilizados con corriente alterna de hasta 250 voltios. Los conductores tendrán terminales adecuados a las borneras existentes.

9.2.1.4 Soportes

Los soportes permitirán adoptar la orientación necesaria de los semáforos, manteniendo la impenetrabilidad contra el agua o la humedad y permitiendo el paso de los conductores desde la columna al semáforo.

9.2.1.5 Módulo Luminoso Tipo Led

Los semáforos deben ser de luces tipo Led.

9.2.1.6 Caja

La caja debe alojar todos los componentes electrónicos del módulo, constituida por una tapa frontal o lente y una tapa posterior. La tapa frontal debe ser transparente, de policarbonato de alta resistencia al impacto y la abrasión, con protección contra la radiación UV, retardantes al fuego, con tratamiento que evite el efecto "fantasma".

9.2.1.7 Lente

Los lentes de los semáforos para control vehicular y peatonal deberán ser de forma circular y totalmente transparente. No se aceptarán lentes coloreados, el color será generado directamente por los diodos LED.

9.2.2 Controladores

9.2.2.1 Características Generales y Modos de Funcionamiento

Los controladores serán aptos para cruces con la cantidad de movimientos indicadas. Estarán diseñados para funcionar las 24 horas del día. Deberán tener modo de funcionamiento rígido y actuado.

Adicionalmente los controladores deberán contar con un protocolo abierto, que permita la interconexión con otros fabricantes, en ningún caso se aceptarán protocolos cerrados que limiten la interconectividad entre diferentes sistemas. Ver sección de generalidades.

9.2.2.2 Ciclos y Fases

Permitirán un mínimo de cinco ciclos diferentes, a programar por la Administración y que quedarán almacenados en el controlador para su uso, o que serán fácilmente utilizables. El controlador contará con un reloj que permitirá como mínimo cambiar los ciclos de acuerdo con la hora del día y el día de la semana, según los 5 o más programas almacenados. También se podrá variar por programa el tiempo de sincronismo. Los tiempos podrán variar entre 0 y 200 segundos en el caso de las señales verdes, y 0 a 30 segundos en las amarillas. El semáforo tendrá la capacidad para un mínimo de ocho fases distintas. El semáforo tendrá capacidad de interconectarse a cámaras de detección vehicular para actuar las fases demandadas.

9.2.2.3 Corte en el Suministro de Energía Eléctrica

En caso de corte en el suministro de energía, el controlador no perderá la hora ni la programación por plazos no menores de 1000 horas. Si existiese esta posibilidad, se indicará explícitamente y se cotizará por separado todo equipo necesario para recuperar la programación. El semáforo deberá pasar a un modo de falla segura de luz intermitente ámbar en la vía principal e intermitente roja en la vía secundaria por un mínimo de 4 horas posteriores a la perdida de suministro eléctrico público.

9.2.3 Postes

Los postes que soportan al semáforo deberán ser metálicos de color amarillo y deben permitir algunos ajustes angulares, verticales y horizontales. Adicionalmente, debe ser resistente a la corrosión. Los postes deben permitir la colocación de los semáforos en altura y en el EJE de cada carril de la intersección, como se describe en secciones posteriores.

9.3 Ubicación

9.3.1 Ubicación Vertical

La ubicación vertical del semáforo depende del tipo de poste que se va a usar. Los postes que se usan son: tipo mástil, ménsula, bandera y pórtico. La altura es medida desde el nivel de la superficie de rodadura hasta la parte inferior del semáforo. En la siguiente tabla se muestran las alturas mínimas y máximas por tipo de poste.

Tabla 6. Ubicación Vertical de Semáforos

Tipo de Poste	Altura Mínima para Semáforo Vehicular (m)	Altura Máxima para Semáforo Vehicular (m)	Altura Máxima para Semáforo Ciclista (m)*
Mástil	3.10	4.50	3.00
Ménsula	5.50	6.00	3.00
Bandera	5.50	6.00	3.00
Pórtico	5.50	6.00	3.00

Fuente: Adaptado del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

Se debe colocar como mínimo dos semáforos por acceso o uno menos a la cantidad de carriles en un determinado ingreso. Los semáforos deberán estar alienados al centro de cada carril, como se describe a continuación.

9.3.2 Ubicación Horizontal

Las caras de los semáforos se ubicarán de tal manera que sean visibles a los conductores que se aproximan a la intersección. La Figura 58 muestra las distancias recomendadas a las que se deben instalar los semáforos para ubicarse en el cono de visibilidad de los usuarios.

^{*}El semáforo para ciclistas debe colocarse en la sección vertical de cualquier tipo de poste, en el lado de la vía que corresponda a la ciclovía que se aproxima a la intersección, asegurando la visibilidad del semáforo por parte del usuario ciclista.

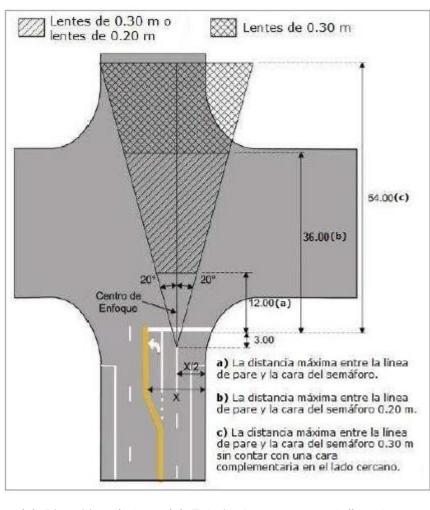


Figura 58. Ubicación Horizontal de Semáforo

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016

9.4 Garantía

Se debe asegurar el mantenimiento de todos los parámetros funcionales durante 48 meses de uso, el fabricante proveerá una garantía escrita que cubra los defectos de materiales durante un período de 36 meses contados a partir de la recepción del material. Esta garantía se limitará al remplazo de los módulos defectuosos por módulos en funcionamiento en el lugar de instalación. El proveedor deberá proporcionar un programa de mantenimiento y deberá contar con los repuestos correspondientes.

9.5 Requerimientos para su Instalación

Los semáforos para bicicletas pueden instalarse en intersecciones semaforizadas para indicar las fases de los semáforos para bicicletas y otras estrategias de cronometraje específicas para bicicletas. Se suelen utilizar semáforos estándar de dos o tres lentes. A continuación se describen los requerimientos en mayor detalle.

9.5.1 Beneficios de los Semáforos para Bicicletas

- Permiten separar los movimientos en bicicleta de los movimientos conflictivos de vehículos motorizados y peatones.
- Permiten dar prioridad a los movimientos de la bicicleta en las intersecciones (por ejemplo, un intervalo de bicicleta adelantado).
- Protegen a los ciclistas en la intersección, lo que puede mejorar la seguridad real y percibida en áreas de alto conflicto.

9.5.2 Aplicaciones Típicas

- Para dividir las fases del semáforo en las intersecciones donde el movimiento predominante de una bicicleta entra en conflicto con el movimiento principal de un vehículo motorizado durante la misma fase verde.
- Para dar a los ciclistas un verde avanzado (como un intervalo de peatones adelantado) o para indicar una fase "totalmente ciclista" donde los movimientos de giro de los ciclistas son altos.
- Hacer que sea legal para los ciclistas ingresar a una intersección durante una fase de peatones (puede no ser apropiado en algunos casos).
- En intersecciones cercanas a escuelas (primaria, secundaria y universitaria).
- Donde un carril para bicicletas independiente o un camino de usos múltiples cruza una calle, especialmente donde el tiempo necesario para el paso de bicicletas difiere sustancialmente del tiempo necesario para el paso de peatones.

9.5.3 Guía de Implementación

A continuación, se detalla cada uno de los elementos que componen una intersección semaforizada. Estos elementos se dividen en requeridos, recomendados y opcionales.

9.5.3.1 Requeridos

1. El semáforo para bicicletas se colocará en un lugar claramente visible para las bicicletas que se aproximan. Adicionalmente, estos deben ser de dos o tres luces/colores y con un logo de bicicleta para distinguirse de semáforos vehiculares, evitar confusión y resaltar su operación. Notar que el número de luces definirá como se muestra el intervalo de ámbar. El ámbar en un semáforo con dos luces se deberá mostrar destellando la luz roja durante el tiempo de ámbar que requiera EL CICLISTA (no es el mismo que el vehículo). En un semáforo con tres luces el ámbar para EL CICLISTA se deberá mostrar encendiendo la luz central. El semáforo nunca debe pasar directamente de verde a rojo. Las siguientes figuras ilustran el tipo de semáforo y su ubicación aproximada.

Figura 59. Semáforos para Bicicletas - Formatos Recomendados



Fuente: Consorcio Transis-Intra

Semáforo vehícular. Ver alturas en Tabla 8 y Ubicación Lateral en Figura 60 Figura 60 Esemáforo ciclista. Ver alturas en Tabla 8. Ubicar en poste debajo de semáforo vehícular auxiliar.

Figura 60. Semáforos para Bicicletas - Ubicación Aproximada Recomendada

Fuente: Consorcio Transis-Intra

- 2. Se proporcionará un intervalo de despeje adecuado (es decir, el tiempo combinado para las fases ámbar y roja) para garantizar que los ciclistas que ingresan a la intersección al final de la fase verde tengan tiempo suficiente para despejar la intersección de manera segura antes de que los movimientos en conflicto reciban una indicación verde.
 - ✓ Idealmente, las velocidades típicas de los ciclistas (V en m/s) deben medirse en el campo para determinar un intervalo de despeje apropiado para las condiciones locales. Sin embargo, en las intersecciones con aproximaciones a nivel, se pueden usar 4.0 m/s como velocidad predeterminada en ausencia de datos locales.
 - ✓ El ancho de la intersección o longitud del cruce ciclista (W en metros) debe calcularse desde la entrada de la intersección (es decir, la línea de retención o el cruce de peatones en ausencia de una línea de retención) hasta la mitad del último carril perpendicular que atraviesa el tráfico.
 - ✓ El cálculo del tiempo de ámbar ciclista (despeje ciclista) de la intersección se basa en la siguiente ecuación proveniente de NACTO, ver la Sección 9.6 para más detalle sobre la operación semafórica:

$$\text{\'{A}}mbar\ Ciclista = 3 + \frac{W}{V}$$

- 3. Si el semáforo para bicicleta se usa para separar los movimientos de la bicicleta de los vehículos que giran a la derecha, entonces se prohibirá el giro a la derecha en rojo si estuviese permitido. Esto se puede lograr con la provisión de un semáforo con pantallas de flechas hacia la derecha rojas, amarillas y verdes.
- 4. Las marcas de cruce de intersecciones deben usarse para canalizar las bicicletas o para separar conflictos bicicleta-vehículo.

9.5.3.2 Recomendados

5. Se debe agregar una placa suplementaria con el letrero de "Semáforo Ciclista" debajo del semáforo de bicicleta para aumentar la comprensión.

9.5.3.3 Opcionales

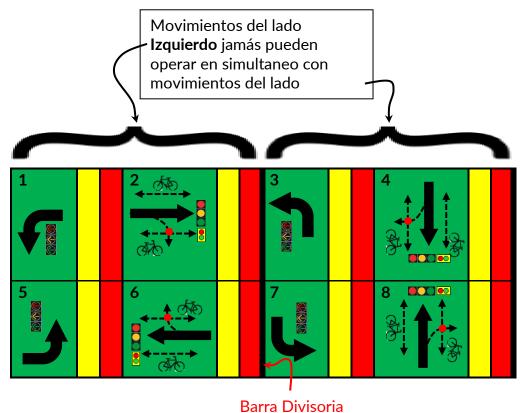
6. Opcionalmente se podrán instalar semáforos con contares para los ciclistas.

9.6 Operación y Mantenimiento de los Semáforos

9.6.1 Operación

Los semáforos deben operarse siempre respetando las siguientes normas básicas en intersecciones.

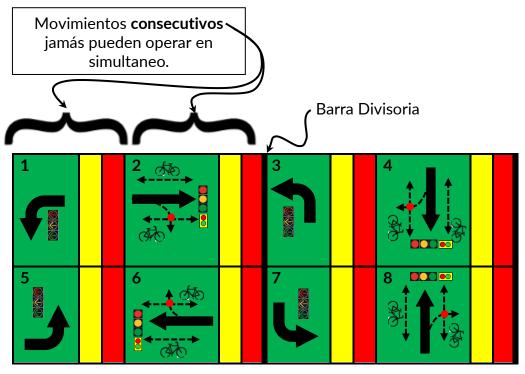
1. En el diagrama NEMA, ningún movimiento de una calle debe operar al mismo tiempo que un movimiento de la calle opuesta, salvo exista una segregación FÍSICA entre movimientos, algo muy inusual y que requiere una geometría especial. Es decir, movimientos en lados opuestos de la *Barra Divisoria* jamás pueden operar en simultáneo.



Barra Bivisoria

Fuente: Consorcio Transis-Intra

2. En el diagrama NEMA, movimientos con numeración consecutiva jamás pueden operar en simultáneo. Por ejemplo, los movimientos 1 y 2, o 7 y 8 etc. entran en conflicto entre sí por lo que su operación debe ser en fases separadas.



Fuente: Consorcio Transis-Intra

3. La longitud del ÁMBAR y el TODO ROJO en conjunto se llama el DESPEJE. Este valor debe calcularse PARA CADA INTERSECCIÓN en base a su GEOMETRÍA. Nunca se debe implementar un ÁMBAR "estándar", por ejemplo de 3 segundos en todas las intersecciones de una jurisdicción, ya que esto podría generar despejes muy cortos y resultar en fatalidades o colisiones graves. El despeje peatonal y despeje para ciclistas debe ser mucho más largo que el despeje vehicular y se calcula con las siguientes formulas. Finalmente, las fórmulas para calcular el despeje vehicular (ámbar + todo rojo vehicular) se presentan a continuación, estas se obtienen del ITE Traffic Engineering Handbook de EE.UU.

Notar que en un semáforo peatonal o de ciclistas que cuenta únicamente con dos luces, el ámbar se puede representar destellando la luz roja antes de que esta se vuelva sólida. En caso se cuente con un semáforo para ciclistas con tres luces, no es necesario destellar la luz roja, el ámbar se puede representar iluminando la luz central. Ver la sección 9.5.3 de esta guía.

Las cuatro fórmulas a continuación deberán utilizarse en todo diseño de intersección semaforizada.

$$Despeje \ Peatonal = 3 + \frac{Longitud \ del \ Crucero \ Peatonal}{Velocidad \ de \ Caminata} \qquad1$$

Despeje Ciclista =
$$3 + \frac{Longitud \ del \ Cruce \ Ciclista}{Velocidad \ de \ la \ Bicicleta}$$
2

Donde:

Velocidad de Caminata = Aproximadamente 1 m/s Velocidad de Bicicleta = Aproximadamente 4 m/s

$$Ambar \ Vehicular = t + \frac{0.139v}{(a+(Gg))} \qquad3$$

Donde:

Ámbar = Tiempo mínimo en segundos requerido de ámbar para un cruce seguro de la intersección.

t=Tiempo de reacción y percepción en segundos. Utilizar 1.5 s.

v = Velocidad operativa de la vía en kilómetros por hora.

a = Deceleración vehicular en m/s², utilizar 3.05 m/s².

G = pendiente en porcentaje sobre 100.

g= gravedad en m/s², utilizar 9.81 m/s².

$$Todo\ Rojo\ Vehicular = \frac{3.6(W+L)}{V}$$
4

Donde:

Todo Rojo = Tiempo mínimo en segundos requerido entre fases en que todos los semáforos deberían permanecer en rojo.

W = Ancho de la intersección en metros. Se mide desde la línea de retención hasta el borde lejano del último carril cruzado durante la trayectoria del vehículo.

L = Longitud del vehículo de diseño en metros. Utilizar 6 metros.

v = Velocidad operativa de la vía, en kilómetros por hora.

9.6.2 Mantenimiento

El semáforo se debe mantener desde el punto de vista operativo, técnico y físico. La jurisdicción a cargo del semáforo deberá implementar un programa de mantenimiento que incluya:

- 1. Mantenimiento operativo
- 2. Mantenimiento técnico
- 3. Mantenimiento físico

El mantenimiento de semáforos estará a cargo de la municipalidad provincial o entidad responsable de las operaciones semafóricas en una determinada jurisdicción. A continuación se presenta la frecuencia recomendada y personal mínimo para realizar cada tipo de mantenimiento.

Mantenimiento operativo: Los semáforos con el tiempo pueden perder su programación original. Semáforos coordinados podrían con el tiempo descoordinarse si no están interconectados. Adicionalmente, con el tiempo el flujo de peatones, ciclistas y vehículos cambia debido a la construccion de nuevas vías, nuevo desarrollo urbano o simplemente cambios en los patrones de movilidad de la población. Por estos motivos, el semáforo deberá reprogramarse cada 3 a 6 meses como MÁXIMO. Durante el mantenimiento operativo, se deberán evaluar los tiempos para cada fase, orden de fases, desfase entre semáforos y en general la idoneidad operativa para las condiciones de movilidad de ese momento. En algunos casos, se recomienda realizar un estudio de capacidad vial, especialmente si la zona ha atravesado por cambios importantes a los patrones de tráfico. Personal mínimo requerido: Ingeniera o Ingeniero Civil o de Transportes con amplia experiencia en ingeniería vial y de tráfico en intersecciones y zonas urbanas.

Mantenimiento técnico: La jurisdicción deberá seguir las recomendaciones del fabricante respecto al mantenimiento de los dispositivos y componentes del semáforo. Estos incluyen, luminarias, conexiones, sistemas eléctricos y electrónicos, sistemas de fuente de poder, sistemas del controlador, entre otros. La jurisdicción encargada deberá realizar inspecciones rutinarias para asegurarse de la correcta operación del semáforo. En caso el semáforo falle, este debe contar con un sistema de "falla segura" en la cual la vía secundaria recibe luz destellante roja y la vía principal

luz destellante ámbar. Personal mínimo requerido: Ingeniera o Ingeniero Electricista e Ingeniera o Ingeniero Electrónico con amplia experiencia en semáforos.

Mantenimiento físico: El mantenimiento físico se refiere a las estructuras de soporte, pintura e infraestructura física del semáforo. El semáforo debe pintarse anualmente para mantener su integridad física. Adicionalmente, anualmente se deberá realizar una inspección estructural de los soportes de todos los semáforos. Cabe notar que en caso ocurra una colisión contra un soporte, este debe ser evaluado por un experto para determinar si se cambia o se mantiene. Debe notarse que existen casos de fatalidades por la caída de semáforos sobre peatones. Personal mínimo requerido: Ingeniera o Ingeniero Civil especialista en estructuras y personal técnico.

9.7 Proveedores

Existen proveedores nacionales e internacionales de sistemas de control semafórico. Será responsabilidad del proyectista identificar al proveedor nacional o internacional que pueda cumplir con los requerimientos presentados en esta guía. Debe tomarse en cuenta que el proveedor seleccionado debe contar con tecnología abierta que pueda conectarse a tecnologías de otros proveedores. Adicionalmente, el proveedor no deberá suministrar equipos que cuenten con limitaciones en sus capacidades una vez culminado el contrato con el proveedor.

10 BIBLIOGRAFÍA

- 1. Ajuntament de Barcelona. (2016). Manual de Diseño de Carriles Bici de Barcelona. Ciudad de Barcelona, España.
- 2. Austroads. (2017). Cycling Aspects of Austroads Guides. Australia: Austroads Ltd.
- 3. CROW. (2006). Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas. Holanda.
- 4. Department for Transport. (2020). Cycle Infrastructure Design. Reino Unido.
- 5. Diputación Foral de Gipuzkoa, Departamento para el Desarrollo Sostenible. (2006). Manual de Vías Ciclistas de Gipuzkoa. España.
- 6. Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo. (2001). Manual Integral de Movilidad Ciclista para Ciudades Mexicanas. México: Arre.
- 7. Land Transport Authority and Urban Redevelopment Authority. (2018). Walking and Cycling Design Guide. Singapur.
- 8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible no Motorizado. Perú.
- 9. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Perú.
- 10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Manual para Ciclistas del Perú. Perú.
- 11. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2015). Viabilidad Ciclo-Inclusiva: Recomendaciones de Diseño. Chile: División de Desarrollo Urbano.
- 12. Montgomery County Planning Department. (2018). Bicycle Facility Design Toolkit. Condado de Montgomery, Maryland, E.E.U.U.
- 13. Municipalidad de Lima. (2017). Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista. Lima, Perú.
- 14. NACTO. (2012). Urban Bikeway Design Guide. New York: National Association of City Transportation Officials.

- 15. Ontario Traffic Manual. (2018). Bicycle Traffic Signals. Canada: JLM Studio.
- 16. Programa de Vialidad y Transporte Urbano SECTRA, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías. Chile
- 17. The Institute of Transportation Engineers. (2015). Traffic Engineering Handbook, 7th Edition.
- 18. Unidad de Nutrición, Estilos de Vida Saludable y Enfermedades no Transmisibles, Organización Panamericana de la Salud, La Vía Recreativa de Guadalajara, Facultades de Medicina e Ingeniería de la Universidad de los Andes, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2009). Manual para Implementar y Promocionar la Ciclovía Recreativa. Colombia.
- 19. Unidad de Seguridad Vial y Transporte. (2015). Guía de Diseño y Evaluación de Ciclovías para Costa Rica. Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- 20. Weiss-Müller, S., y Cabrera-Quispe, J. E. (2020). Estudio transversal: Repensando las Ciclovías para la Movilidad Urbana en Bolivia. La Paz: SDSN Bolivia.



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Programa Nacional de Transporte Urbano Sostenible PROMOVILIDAD

Jr. Zorritos 1203 - C.P. 15082 - Lima - Perú

www.gob.pe/mtc