

MANUAL DE DISEÑO DE VÍAS URBANAS

Design Manual for Urban Roads

MARIANA CORREA MONTOYA

Tesis de grado

Asesor

John Jairo Agudelo Ospina

UNIVERSIDAD EAFIT

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios, quien me ha llenado de bendiciones, me ha iluminado y ha sido el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A John Jairo Agudelo Ospina, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo. Por ser no solo el tutor de este proyecto sino de toda mi vida profesional.

A la universidad EAFIT, mi alma mater, a quien quiero como un segundo hogar, en la que crecí como profesional y me abrió las puertas para realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

A mis papás Olga y Juan, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

RESUMEN

El manual de diseño de vías urbanas ha sido escrito con base en las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de Vías, publicado en el año 2008 por el Instituto Nacional de Vías de Colombia, en la recopilación de diferentes libros y publicaciones sobre diseño vial, la experiencia adquirida por la autora a lo largo de su desempeño profesional y la experiencia del tutor del proyecto como uno de los más reconocidos ingenieros de trazado y diseño de vías. El manual cubre varios aspectos a tener en cuenta al momento de concebir una vía urbana, pero se enfoca principalmente en el diseño geométrico. Este manual se presenta de una forma clara y concisa, sin dejar a un lado lo técnico, para que sea de más fácil acceso e interpretación para diversos usuarios.

Palabras Clave: Urbano, vía, diseño geométrico, seguridad vial, infraestructura.

ABSTRACT

The urban road design manual has been written based on the recommendations of the Manual de Diseño Geométrico de Vías, published in 2008 by the Instituto Nacional de Vías of Colombia, on the compilation of different books and publications on road design, the experience acquired by the author throughout her professional performance and the experience acquired by the project tutor as one of the most recognized road design engineers. The manual covers several aspects to take into account when conceiving an urban road, but focuses mainly on geometric design. This manual is presented in a clear and concise way, without leaving aside the technical, so that it is easier to access and interpret for various users.

Keywords: Urban, road, geometric design, road safety, infrastructure.

INTRODUCCIÓN

En la zona urbana existe la necesidad de una adecuada infraestructura para garantizar la seguridad vial. Las vías urbanas debido a restricciones de espacio y velocidad requieren un tratamiento y criterios diferentes a los manejados en carreteras o vías rurales.

El propósito de este manual es el de suministrar a estudiantes universitarios y profesionales del área de vías y movilidad un instrumento de consulta para el diseño de vías urbanas teniendo en cuenta algunas reglamentaciones existentes.

Si bien existen en el país varios libros especializados en diseño geométrico de vías, la importancia de este radica en que es una recopilación y unificación de criterios que actualmente no se tienen en un solo documento y además enfocado exclusivamente a vías urbanas.

Se presentan en este manual algunas de las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de Vías de Colombia, criterios de algunos libros que se referenciarán más adelante y las recomendaciones de algunas entidades encargadas de recibir y aprobar proyectos viales, esto debido a que cada oficina de Planeación territorial puede adoptar diferentes criterios.

Cabe resaltar que el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS es para carreteras y muchas de las recomendaciones de allí no aplican para las vías urbanas, por tal motivo se analizan en el presente Manual los criterios que se articulen a vías urbanas.

Con este manual se pretende sintetizar de manera coherente los criterios para el diseño de una vía urbana. Este documento es con fines académicos y no pretende pasar por encima de los conocimientos de otros profesionales del área, sino ser una ayuda para quienes no han elaborado un amplio criterio. En los casos particulares en que no sea posible cumplir algún parámetro aquí estipulado, quedará al buen juicio y sustentación por parte del profesional idóneo y responsable del proyecto. En todo momento se debe velar por la seguridad y la comodidad de los usuarios.

OBJETIVOS

GENERAL

Elaborar un manual para diseño geométrico de vías urbanas teniendo en cuenta las normas y condiciones existentes

ESPECÍFICOS

1. Resaltar la importancia de un buen conocimiento sobre las diferentes clases de vías y su adecuado diseño
2. Abordar los diferentes criterios que se deben tener en cuenta al momento del diseño
3. Unificar diversos criterios en una sola fuente de información que sea medio de consulta para diversas entidades públicas, privadas y educativas.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT.....	
INTRODUCCIÓN.....	
OBJETIVOS.....	
GENERAL	
ESPECÍFICOS	
CONTENIDO.....	1
1. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA VIAL URBANO	1
1.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS.....	1
1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS.....	2
1.2.1 AUTOPISTAS URBANAS	2
1.2.2 ARTERIAS.....	3
1.2.3 COLECTORAS	4
1.2.4 LOCALES O RESIDENCIALES	5
1.2.5 PEATONALES	6
1.2.6 CICLORRUTAS.....	6
1.3 NOMENCLATURA DE LAS VÍAS URBANAS	8
2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO	10
2.1 DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS Y VEHÍCULO DE DISEÑO	10
2.2 RADIOS DE GIRO.....	12
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO	18
2.3.1 Volúmenes	18
2.3.2 Distribución direccional	18
2.3.3 Composición.....	19
2.3.4 La velocidad.....	19
2.4 VOLUMEN DEL TRÁNSITO	19
2.4.1 Aplicación de los volúmenes de tránsito en diferentes ámbitos.....	20
2.4.2 Tránsito Horario (TH)	20
2.5 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO	21
2.5.1 Tránsito actual.....	21
2.5.2 Incremento del tránsito	22

2.6	AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES, ADE	23
2.7	CAPACIDAD DE LAS VÍAS URBANAS	23
2.7.1	Factores que afectan la capacidad.....	24
2.8	NIVELES DE SERVICIO Y VOLÚMENES DE SERVICIO	25
2.8.1	Nivel de servicio A.....	25
2.8.2	Nivel de servicio B	25
2.8.3	Nivel de servicio C	26
2.8.4	Nivel de servicio D.....	26
2.8.5	Nivel de servicio E	26
2.8.6	Nivel de servicio F	26
2.9	VELOCIDAD DE DISEÑO	27
2.9.1	Concepto de velocidad.....	28
2.9.2	Velocidad Instantánea	28
2.9.3	Velocidad de Recorrido.....	28
2.9.4	Velocidad de Circulación o de Marcha.....	28
2.9.5	Velocidad de Operación	28
2.9.6	Velocidad de Diseño.....	29
2.9.7	Velocidad Específica.....	29
2.10	VISIBILIDAD	29
2.10.1	Visibilidad de adelantamiento	30
2.10.2	Visibilidad de parada.....	30
2.10.3	Visibilidad de cruce	30
3.	SECCIÓN TRANSVERSAL	31
3.1	SECCIÓN TRANSVERSAL SEGÚN LA CLASIFICACIÓN VIAL.....	31
3.1.1	AUTOPISTAS URBANAS	31
3.1.2	ARTERIAS.....	32
3.1.3	COLECTORAS	33
3.1.4	LOCALES O RESIDENCIALES	33
3.2	ELEMENTOS.....	34
3.2.1	Perfil vial urbano	34
3.2.2	Sección pública de la vía	34
3.2.3	Faja real de la vía.....	34
3.2.4	Calzada	34

3.2.5	Banca.....	37
3.2.6	Corona.....	38
3.2.7	Berma.....	38
3.2.8	Bombeo.....	40
3.2.9	Peralte.....	41
3.2.10	Transición del bombeo al peralte.....	41
3.2.11	Cunetas y sumideros.....	41
3.2.12	Taludes.....	43
3.2.13	Línea de chaflanes.....	45
3.2.14	Separador.....	45
3.2.15	Bordillo.....	47
3.2.16	Andenes y senderos peatonales.....	48
3.2.17	Antejardín.....	52
3.2.18	Cicloinfraestructura.....	53
4.	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	54
4.1	CRITERIOS DE DISEÑO.....	54
4.1.1	Seguridad.....	54
4.1.2	Comodidad.....	54
4.1.3	Funcionalidad.....	54
4.1.4	Entorno.....	54
4.1.5	Economía.....	54
4.1.6	Estética.....	54
4.1.7	Elasticidad.....	54
4.2	FACTORES DE DISEÑO.....	55
4.3	TRAZADO.....	55
4.4	ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	55
4.4.1	Curva circular.....	56
4.4.2	Curva compuesta.....	58
4.4.3	Curva espiral.....	58
4.4.4	Relación entre la Velocidad Específica de la curva horizontal (VCH), el Radio de curvatura (RC) y el Peralte (e).....	69
4.4.5	Entretangencia.....	70
4.5	ALINEAMIENTO VERTICAL.....	70

4.5.1	Elementos	70
4.5.2	Pendientes	71
4.6	Curvas Verticales.....	72
4.7	PERALTE	79
4.7.1	Radio mínimo en el eje	79
4.7.2	Radios de giro en intersecciones	80
4.7.3	Desarrollo del peralte	81
4.7.4	Convención del peralte	82
4.7.5	Rampa de peralte.....	82
4.7.6	Longitud de transición del peralte	83
4.7.7	Ubicación de la longitud de transición.....	83
4.7.8	Cálculo del peralte	85
5.	INTERSECCIONES E INTERCAMBIOS.....	87
5.1	ETAPAS DEL DISEÑO DE UNA INTERSECCIÓN	87
5.2	ELECCIÓN DEL TIPO DE INTERSECCIÓN.....	88
5.3	LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE INTERSECCIONES	89
5.4	LÍNEAS DE FLUJO	92
5.5	ZONAS DE CONFLICTO Y MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS	93
5.5.1	Convergencia.....	93
5.5.2	Divergencia.....	94
5.5.3	Entrecruzamiento.....	95
5.6	DISEÑO DE BIFURCACIONES.....	98
5.6.1	Aspectos de diseño en planta	98
5.6.2	Aspectos de diseño en peralte.....	98
5.6.3	Aspectos de diseño en rasante	98
5.7	INTERSECCIONES A NIVEL	99
5.7.1	A prioridad	99
5.7.2	Retornos.....	100
5.7.3	Glorietas.....	101
5.7.4	Isletas	115
5.8	CARRILES ESPECIALES.....	122
5.8.1	Carriles de aceleración	122
5.8.2	Carriles de desaceleración	124

5.8.3	Entrecruzamiento y Balance de carriles.....	125
5.8.4	Giros izquierdos	127
5.8.5	Intercambiadores de calzada	129
5.8.6	Carriles de estacionamiento	130
5.9	INTERSECCIONES A DESNIVEL	132
5.9.1	Glorieta a desnivel	133
5.9.2	Tipo trébol.....	134
5.9.3	Tipo diamante	135
5.9.4	Tipo trompeta	136
5.9.5	Semidireccionales	137
6.	PEATONES	139
6.1	PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA (PMR).....	142
6.2	SEÑALIZACIÓN.....	143
6.2.1	Señalización vertical.....	143
6.2.2	Señalización horizontal	144
6.2.3	Otros dispositivos.....	147
6.3	ANDENES.....	149
7.	CICLORRUTAS.....	151
7.1	REQUISITOS CLAVES DE UNA CICLOINFRAESTRUCTURA	152
7.1.1	Seguridad	152
7.1.2	Directividad	152
7.1.3	Coherencia	152
7.1.4	Comodidad	152
7.1.5	Atractividad.....	152
7.2	METODOLOGÍA PARA EL TRAZADO	153
7.2.1	Tipos de usuario.....	153
7.2.2	Puntos de partida: destinos y orígenes.....	154
7.2.3	Líneas de deseo y adaptación a la infraestructura existente.....	154
7.3	CRITERIOS DE DISEÑO	154
7.3.1	Escoger el tipo de infraestructura.....	154
7.3.2	Determinar el tipo de segregación.....	155
7.3.3	Determinar los sentidos de circulación.....	155
7.3.4	La vía existente.....	156

7.4	PARÁMETROS DE DISEÑO	156
7.4.1	Dimensiones de referencia	156
7.4.2	Velocidad.....	158
7.4.3	Alineamiento horizontal	158
7.4.4	Alineamiento vertical.....	158
7.5	SEÑALIZACIÓN.....	158
7.5.1	Señalización vertical.....	159
7.5.2	Señalización horizontal	161
8.	SEÑALIZACIÓN.....	164
8.1	ASPECTOS CLAVES DE LA SEÑALIZACIÓN.....	164
8.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	165
8.2.1	Forma, color, tamaño y ubicación	165
8.2.2	Señales preventivas	165
8.2.3	Señales reglamentarias.....	166
8.2.4	Señales informativas	166
8.2.5	Señales de mensajes variables (SMV).....	166
8.3	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	167
8.3.1	Líneas longitudinales.....	168
8.3.2	Líneas transversales	170
8.3.3	Demarcaciones para cruces	170
8.3.4	Demarcación de líneas de estacionamiento. y. paraderos.....	172
8.3.5	Símbolos y leyendas.....	174
8.3.6	Otras demarcaciones	174
8.3.7	Señales elevadas	176
8.4	SEÑALIZACIÓN Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA OBRAS EN LA VÍA.....	177
8.5	OTROS DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO.....	179
8.5.1	Delimitadores de obstáculos.....	179
8.5.2	Segregadores.....	180
8.6	DISPOSITIVOS PARA PEATONES, CICLISTAS	180
8.7	SEMÁFOROS.....	180
8.7.1	Funciones	181
8.7.2	Clasificación.....	181
8.8	SEÑALIZACIÓN DE CALLES AFECTADAS POR EVENTOS ESPECIALES.....	182

9.	PRESENTACIÓN DE INFORMES Y PLANOS.....	183
9.1	PLANOS TOPOGRÁFICOS.....	183
9.2	PLANOS DISEÑO GEOMÉTRICO.....	184
9.2.1	Plano Ubicación.....	185
9.2.2	Plano Planta Perfil.....	185
9.2.3	Intersecciones.....	188
9.2.4	Sección Transversal tipo.....	188
9.2.5	Secciones transversales.....	189
9.3	PLANOS DE SEÑALIZACIÓN.....	190
10.	SEGURIDAD VIAL.....	195
10.1	CLASIFICACIÓN.....	195
10.1.1	Primaria o Activa.....	195
10.1.2	Secundaria o Pasiva.....	195
10.2	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEGURIDAD VIAL.....	195
10.2.1	Factor Humano.....	196
10.2.2	Factor Vehículo o máquina.....	196
10.2.3	Factor Vía y entorno.....	197
10.3	VISIÓN CERO 0.....	198
10.4	LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA SEGURIDAD VIAL.....	207
10.4.1	Gestión institucional.....	207
10.4.2	Comportamiento Humano.....	207
10.4.3	Vehículos seguros.....	207
10.4.4	Infraestructura segura.....	208
10.4.5	Atención a víctimas.....	208
11.	GLOSARIO.....	209
12.	REFERENCIAS.....	221
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	225

Índice de tablas

Tabla 2.1	Dimensiones de los vehículos pesados según Min Transporte.....	11
Tabla 2.2	Radio mínimo de giro (m).....	12
Tabla 2.3	Aplicación de los volúmenes de tránsito.....	20
Tabla 2.4	Automóviles directos equivalentes (ADE).....	23
Tabla 2.5	Capacidad de las vías entre intersecciones.....	24

Tabla 2.6 Velocidad de diseño según el tipo de vía	29
Tabla 2.7 Distancia mínima de visibilidad	30
Tabla 3.1 Ancho de carril	35
Tabla 3.2 Longitud de transición en reducción y adición de carriles.....	36
Tabla 3.3 Abertura del separador (l) en función del ancho (w).....	47
Tabla 4.1 Valores de k mínimo para curvas verticales y longitud mínima de curva.....	77
Tabla 4.2 Coeficiente de fricción.....	79
Tabla 4.3 Radio mínimo de curvas horizontales	80
Tabla 4.4 Radio mínimo de curvas horizontales con $\Delta < 6^\circ$	80
Tabla 4.5 Radio de giro en intersecciones	81
Tabla 4.6 Inclinación de la rampa de peraltes	83
Tabla 5.1 Longitud carril de aceleración	123
Tabla 5.2 Longitud carril de desaceleración	124
Tabla 5.3 Longitudes mínimas de entrecruzamiento.....	125
Tabla 5.4 Gálibo mínimo según el tipo de vía.....	133
Tabla 5.5 Pendientes máximas para rampas tipo lazo.....	135
Tabla 7.1 Tipos de usuarios ciclistas	154
Tabla 7.2 Dimensiones de los diferentes tipos de vehículos ciclistas.....	157
Tabla 7.3 Anchos mínimos recomendados	157
Tabla 8.1 Colores de las líneas longitudinales	169
Tabla 8.2 Patrón de líneas longitudinales segmentadas.....	169

Índice de Figuras

Figura 1.1. Movilidad y accesibilidad de un sistema vial urbano.....	1
Figura 1.2. Autopista Urbana.....	3
Figura 1.3. Arteria principal	4
Figura 1.4. Arteria secundaria.....	4
Figura 1.5. Colectoras	5
Figura 1.6. Vías locales.....	6
Figura 1.7. Jerarquía vial.....	7
Figura 1.8. Jerarquía vial.....	7
Figura 1.9. Nomenclatura en Medellín	8
Figura 1.10. Número de placa.....	9
Figura 2.1. Dimensiones y trayectorias de giro para Vehículo liviano.....	13
Figura 2.2. Dimensiones y trayectorias de giro para Bus mediano.....	14
Figura 2.3. Dimensiones y trayectorias de giro para Bus grande.....	15
Figura 2.4. Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 2.....	16
Figura 2.5. Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 3.....	17
Figura 2.6. Niveles de servicio.....	27
Figura 3.1. Sección transversal con todos los elementos.....	31
Figura 3.2. Autopista Urbana.....	31
Figura 3.3. Arteria principal con carril exclusivo para bus.....	32
Figura 3.4. Arteria principal con calzada exclusiva para sistema de buses.....	32

Figura 3.5. Arteria principal con sistema de transporte masivo	32
Figura 3.6. Arteria secundaria	33
Figura 3.7. Colectoras	33
Figura 3.8. Vías locales	33
Figura 3.9. Vías locales con estacionamiento	34
Figura 3.10. Calzada	35
Figura 3.11. Señales preventivas de reducción de calzada	36
Figura 3.12. Señales preventivas de ensanchamiento de calzada	37
Figura 3.13. Banca en excavación	37
Figura 3.14. Banca en terraplén	38
Figura 3.15. Corona	38
Figura 3.16. Berma	39
Figura 3.17. Bombeo	40
Figura 3.18. Sección Transversal de una cuneta urbana	41
Figura 3.19. Esquema de una cuneta urbana	42
Figura 3.20. Tipos de Sumideros	42
Figura 3.21. Sumideros	42
Figura 3.22. Rejillas para los sumideros	43
Figura 3.23. Tipos de taludes: media ladera, con terraza, abatido	44
Figura 3.24. Talud	45
Figura 3.25. Separador central y lateral	46
Figura 3.26. Separador con giro izquierdo incluido	46
Figura 3.27. Separador sin giro izquierdo incluido	47
Figura 3.28. Abertura del separador	47
Figura 3.29. Bordillo	48
Figura 3.30. Perfil de un andén	49
Figura 3.31. Losetas para franja táctil guía	50
Figura 3.32. Disposición de las franjas táctiles de guía	50
Figura 3.33. Esquema en planta de la franja táctil de guía	51
Figura 3.34. Ejemplo de implementación de la franja táctil de guía	52
Figura 3.35. Antejardín, andén (ambas franjas) y calzada	52
Figura 3.36. Ciclorruta en el separador, calzada, y andén (ambas franjas)	53
Figura 3.37. Ciclorruta en el costado izquierdo, calzada, y andén (con paraderos)	53
Figura 4.1. Elementos de la curva circular. (1)	57
Figura 4.2. Elementos de la curva circular. (2)	57
Figura 4.3. Curva compuesta de dos radios	58
Figura 4.4. Efecto de las curvas de transición sobre la curva circular	59
Figura 4.5. Curva espiral – circular - espiral	60
Figura 4.6. Elementos Curva espiral – circular – espiral (1)	61
Figura 4.7. Elementos Curva espiral – circular – espiral (2)	62
Figura 4.8. Curva espiral - espiral	65
Figura 4.9. Elementos de Curva espiral - espiral	66
Figura 4.10. Elementos de la curva vertical	72
Figura 4.11. Curva vertical simétrica	73

Figura 4.12. Curva vertical asimétrica.....	74
Figura 4.13. Curva asimétrica cuando no hay disponibilidad de espacios.....	74
Figura 4.14. Curva asimétrica cuando se requiere ajuste a punto de control.....	75
Figura 4.15. Curva asimétrica cuando se requiere ajuste al terreno.....	76
Figura 4.16. Curva vertical convexa.....	76
Figura 4.17. Curva vertical cóncava.....	76
Figura 4.18. Desarrollo del peralte.....	82
Figura 4.19. Convención del peralte.....	82
Figura 4.20. Esquema de peralte.....	83
Figura 4.21. Transición Curva Espiral – Circular - Espiral.....	84
Figura 4.22. Transición Curva Espiral - Espiral.....	84
Figura 4.23. Transición de peraltes en curvas circulares.....	85
Figura 4.24. Peralte en un punto cualquiera p.....	85
Figura 5.1. Triángulo de visibilidad.....	91
Figura 5.2. Triángulo de visibilidad en intersecciones oblicuas.....	92
Figura 5.3. Líneas de flujo.....	93
Figura 5.4. Conflictos en intersecciones.....	95
Figura 5.5. Ejemplo convergencia.....	96
Figura 5.6. Ejemplo divergencia.....	96
Figura 5.7. Ejemplo entrecruzamiento.....	97
Figura 5.8. Ejemplo de un cruce.....	97
Figura 5.9. Intersecciones de 3 ramas.....	99
Figura 5.10. Intersecciones de 4 ramas.....	99
Figura 5.11. Retorno tipo “corbatín”.....	100
Figura 5.12. Retorno tipo glorieta alargada.....	101
Figura 5.13. Elementos de una glorieta.....	103
Figura 5.14. Solución de intersección con 5 accesos.....	104
Figura 5.15. Partes de la glorieta.....	104
Figura 5.16. Glorieta en planta.....	105
Figura 5.17. Glorieta en planta.....	106
Figura 5.18. Glorieta con giros derechos canalizados.....	106
Figura 5.19. Línea de la corona en la glorieta.....	107
Figura 5.20. Triángulo de visibilidad en las glorietas.....	108
Figura 5.21. Zona libre de obstáculos.....	108
Figura 5.22. Visibilidad hasta entrada anterior.....	109
Figura 5.23. Visibilidad hasta 50 m hacia la izquierda.....	109
Figura 5.24. Visibilidad hasta 50 m hacia la derecha.....	109
Figura 5.25. Visibilidad hacia paso peatonal.....	110
Figura 5.26. Visibilidad dentro de la glorieta.....	110
Figura 5.27. Ejemplos de adecuada visibilidad en las glorietas.....	111
Figura 5.28. Glorieta virtual.....	111
Figura 5.29. Glorieta partida.....	112
Figura 5.30. Glorieta Semaforizada.....	112
Figura 5.31. Glorieta Anular.....	113

Figura 5.32. Glorieta Doble	113
Figura 5.33. Glorieta Desnivelada	114
Figura 5.34. Glorieta Doble Desnivelada.....	114
Figura 5.35. Tipos de isletas según su material de construcción.....	115
Figura 5.36. Isleta separadora.....	116
Figura 5.37. Isletas separadoras.	117
Figura 5.38. Isletas separadoras conservando ancho de calzada.	118
Figura 5.39. Isletas Divisoria en tramo curvo.....	118
Figura 5.40. Transición de Isleta Divisoria.	119
Figura 5.41. Isletas canalizadora	119
Figura 5.42. Isletas canalizadora	120
Figura 5.43. Dimensiones de una isleta canalizadora triangular.	120
Figura 5.44. Isletas refugio y separadora	121
Figura 5.45. Dimensiones mínimas de isleta separadora	121
Figura 5.46. Demarcación horizontal para las isletas	122
Figura 5.47. Carril de aceleración.	123
Figura 5.48. Carril de desaceleración.....	125
Figura 5.49. Balance de carriles y número mínimo de ellos (1).....	126
Figura 5.50. Balance de carriles y número mínimo de ellos (2).....	127
Figura 5.51. Esquema de giro izquierdo directo e indirecto en una vía arteria.....	128
Figura 5.52. Intercambiador de calzada.....	129
Figura 5.53. Tipos de estacionamiento en vía	130
Figura 5.54. Zonas de Estacionamiento Regulado (ZER).....	132
Figura 5.55. Gálibo	133
Figura 5.56. Glorieta a desnivel.	134
Figura 5.57. Intersección tipo trébol.....	135
Figura 5.58. Intersección tipo diamante.	136
Figura 5.59. Intersección tipo trompeta.	137
Figura 5.60. Intersección tipo semidireccional.	138
Figura 6.1. Señales reglamentarias en situaciones de los peatones.....	143
Figura 6.2. Señales preventivas en situaciones de los peatones.	143
Figura 6.3. Señales informativas y orientativas en situaciones de los peatones.....	144
Figura 6.4. Cruce cebra.	145
Figura 6.5. Cruce sendero peatonal.....	146
Figura 6.6. Todo rojo peatonal.....	146
Figura 6.7. Pompeyano.	147
Figura 6.8. Cruce escolar.....	147
Figura 6.9. Isleta peatonal.....	148
Figura 6.10. Paso peatonal regulado por semáforo.....	148
Figura 6.11. Paso peatonal a desnivel.....	149
Figura 6.12. Perfil de un andén.....	150
Figura 7.1. Requisitos claves de la cicloinfraestructura	153
Figura 7.2. Tipos de cicloinfraestructura.	155
Figura 7.3. Dimensiones básicas del conjunto bicicleta – ciclista.....	157

Figura 7.4. Señales reglamentarias en cicloinfraestructuras.	159
Figura 7.5. Señales preventivas en cicloinfraestructuras.	160
Figura 7.6. Señales informativas y orientativas en cicloinfraestructuras.	160
Figura 7.7. Líneas de demarcación horizontal.	161
Figura 7.8. Cruce ciclista.	161
Figura 7.9. Ejemplo de demarcación de pictograma y flecha (izquierda), dimensión pictograma de bicicleta (derecha).	162
Figura 7.10. Dimensiones de las flechas ciclistas.	162
Figura 7.11. Dimensiones de la señal de CEDA EL PASO.	163
Figura 7.12. Dimensiones de la señal de PARE.	163
Figura 8.1. Ubicación de señales verticales.	165
Figura 8.2. Ejemplos de señales verticales.	166
Figura 8.3. Señal de mensaje variable.	167
Figura 8.4. Líneas longitudinales.	168
Figura 8.5. Cruce controlado por la señal PARE.	170
Figura 8.6. Cruce controlado por la señal Ceda el Paso.	171
Figura 8.7. Cruce controlado por semáforos.	171
Figura 8.8. Cruce con restricción de bloqueo.	172
Figura 8.9. Cruce peatonal con “Cebra”.	172
Figura 8.10. Demarcación de estacionamientos.	173
Figura 8.11. Demarcación de zona para taxis.	173
Figura 8.12. Demarcación de paraderos de buses.	173
Figura 8.13. Ejemplos de símbolos y leyendas.	174
Figura 8.14. Achurados.	175
Figura 8.15. Resalto y pompeyano.	175
Figura 8.16. Tachas, estoperoles y boyas.	177
Figura 8.17. Ejemplos de señales verticales de obra.	178
Figura 8.18. Dispositivos de canalización de tráfico en obra.	179
Figura 8.19. Delimitadores de obstáculos.	179
Figura 8.20. Segregadores.	180
Figura 8.21. Despliegue vertical de semáforos.	180
Figura 8.22. Despliegue horizontal de semáforos.	181
Figura 8.23. Ejemplos de señalización para eventos especiales.	182
Figura 9.1. Esquema de planta de diseño urbano.	187
Figura 9.2. Esquema plano rasante de diseño urbano.	187
Figura 9.3. Esquema plano planta – perfil de diseño urbano.	188
Figura 9.4. Esquema general del plano de secciones transversales.	190
Figura 9.5. Ejemplos de diseño de señalización.	191
Figura 9.6. Ejemplos de detalles en el diseño de señalización (2).	192
Figura 9.7. Ejemplos de detalles en el diseño de señalización (1).	193
Figura 9.8. Ejemplos de diseño de señalización con semaforización.	193
Figura 9.9. Ejemplo de un plano de señalización completo.	194
Figura 10.1. Reducción Sección Vial.	199
Figura 10.2. Glorietas Virtuales.	200

Figura 10.3. Implementación de Isletas.....	200
Figura 10.4. Desplazamiento del eje de trayectoria (1).....	201
Figura 10.5. Desplazamiento del eje de trayectoria (1).....	201
Figura 10.6.Reducción de la distancia de los cruces peatonales (1).....	202
Figura 10.7.Reducción de la distancia de los cruces peatonales (2).....	202
Figura 10.8. Paso elevado de peatones a través de pompeyanos (1).	203
Figura 10.9. Paso elevado de peatones a través de pompeyanos (2).	203
Figura 10.10. Reductores de velocidad.....	204
Figura 10.11. Plataformas a nivel.....	204
Figura 10.12. Cambio de textura en la superficie de rodadura.	205
Figura 10.13. Calle sin salida.	205
Figura 10.14. Implementación y adecuación de estaciones o paraderos de transporte público (1).	206
Figura 10.15. Implementación y adecuación de estaciones o paraderos de transporte público (2).	206

CONTENIDO

1. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA VIAL URBANO

1.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS

La circulación en una ciudad está cargada por múltiples recorridos, modos y usuarios que hacen que sea difícil al momento de conjugar todas las variables juntas. El uso del suelo es limitado y no siempre es posible o conveniente aumentar la malla vial. Por lo anterior es necesario jerarquizar las vías desde tres puntos de vista: capacidad y nivel de servicio, seguridad y función.

Para facilitar la movilidad es necesario disponer de vías rápidas, y para tener accesibilidad es necesario contar con vías lentas o de tráfico calmado. En la Figura 1.1 podemos apreciar lo enunciado. Por un lado, las vías principales tienen alta movilidad y poco o nulo acceso a los destinos de los usuarios, por el otro lado las vías locales tienen múltiples accesos, pero baja movilidad.

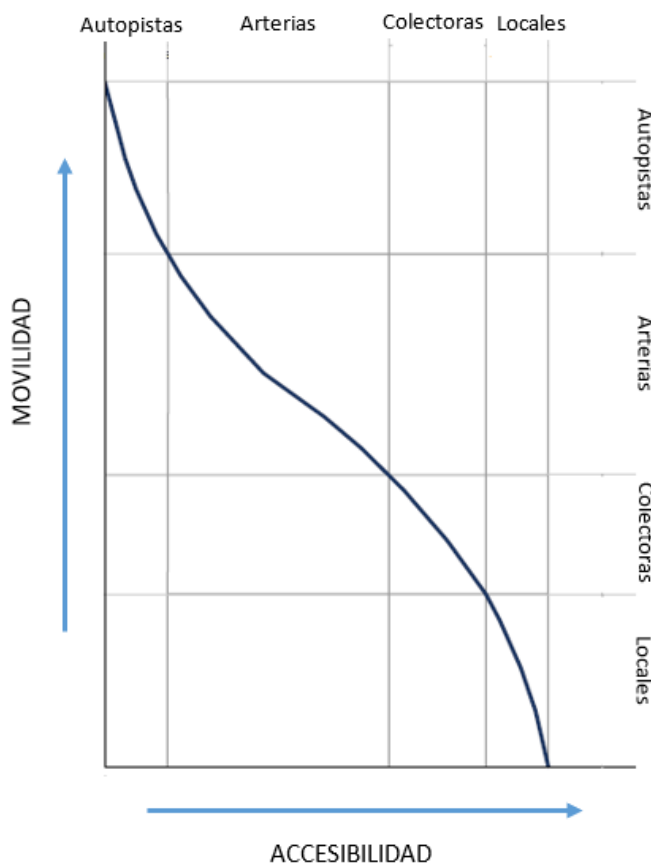


Figura 1.1. Movilidad y accesibilidad de un sistema vial urbano

Nota: Reyes Spíndola, R. C. M. & Cárdenas Grisales, J. (2007). Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones.

1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS

Para la clasificación funcional de una vía urbana se debe tener en cuenta la importancia relativa de cada uno de los siguientes factores:

- Características del tránsito: volumen, composición, velocidad de operación.
- Características geométricas de la vía: ancho total, número de calzadas, carriles por calzada, secciones laterales, retiros, alineamientos horizontales y verticales, pendientes longitudinales.
- Usos del suelo: Los determinados por las entidades territoriales en la zona de influencia de la vía. (Residencial, comercial, Industrial, Servicios, Usos especiales, mixtos, etc.)
- Funcionalidad: accesibilidad, visibilidad, distribución del tránsito. (Arboleda, 2010, p.11)

Al tener en cuenta todos estos aspectos, las vías urbanas se clasifican en:

Autopistas Urbanas, Vías arterias, Vías colectoras, Vías locales o residenciales, Vías peatonales, Ciclorrutas.

Las intersecciones entre los diferentes tipos de vías se deben resolver con base en los siguientes análisis para garantizar la transformación positiva del territorio: Urbanísticos y paisajísticos, movilidad; seguridad vial, financieros, ambientales, socio-económicos. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.32)

1.2.1 AUTOPISTAS URBANAS

Son vías de gran movilidad, gran capacidad, muy poco acceso y altas velocidades. Sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí), unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Establecen una conexión entre las vías interurbanas y el sistema vial urbano. Comprenden alrededor del 2.0% de la red vial de una ciudad.

Facilitan una movilidad óptima para el tráfico directo. El acceso a las propiedades adyacentes debe realizarse mediante vías de servicio laterales. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías, ni el tránsito de peatones. En esta vía el flujo es ininterrumpido, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino a través de intercambios (Todos los cruces deben hacerse a desnivel). Estas vías suelen transportar un alto volumen de vehículos pesados, cuyo tráfico es tomado en consideración para el diseño geométrico correspondiente. Pueden alcanzar velocidades desde de 80 km/h hasta 100 km/h (o lo adecuado en cada ciudad según las condiciones de diseño). Estas vías tienen 2 o más carriles por calzada y cada calzada es unidireccional. Sus pendientes longitudinales no deben exceder el 3.0%. Estas vías tienen intensos flujos de tránsito de vehículos livianos y son especiales para la operación de sistemas de transporte público colectivo, de alta frecuencia y paradas distantes reguladas. Un ejemplo de estos sistemas son los BRT (Bus Rapid Transit), los cuales son un sistema diseñado para mejorar la capacidad y el servicio del transporte público en ciudades congestionadas y se basa en buses de alta capacidad de pasajeros y en carriles preferenciales para estos buses. Conectan complejos comerciales o industriales de impacto urbano. Todos los movimientos del tránsito de larga distancia dentro de la ciudad, se deben canalizar a lo largo de estas vías. (Reyes & Cárdenas, 2007. p.108; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.31).

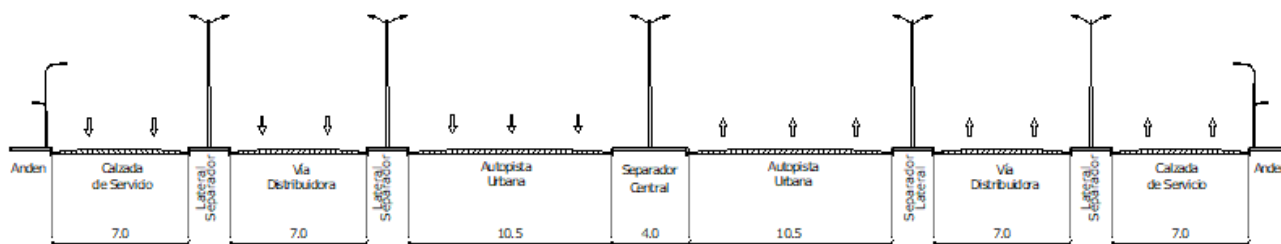


Figura 1.2. Autopista Urbana.

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

1.2.2 ARTERIAS

Las vías arterias permiten el tránsito vehicular con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías permiten una buena distribución del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido. Como debe primar la movilidad, deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico, los semáforos deberán ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo. Estas vías conforman la red vial básica de la ciudad, son determinantes de la estructura y forma urbanas.

El tránsito que canalizan, en esencia, corresponde a desplazamientos entre sectores urbanos y suburbanos distantes, integrándolos a la actividad urbana propiamente dicha. No deben tener, en lo posible, limitaciones a su continuidad, con el fin de que puedan alojar flujos de tránsito intensos a velocidades medias.

Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces semaforizados especialmente diseñados para el paso de peatones. Los paraderos del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el movimiento del tránsito directo a través de bahías. En estas vías se ven todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados, para el transporte colectivo de pasajeros se usan carriles segregados y con paraderos. Las vías arterias se conectan a otras vías arterias y a vías colectoras, no se deben conectar directamente a vías locales o residenciales. (Arboleda, 2010, pp.11-13; Reyes & Cárdenas 2007. p.109; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.28-31).

1.2.2.1 Arterias principales

Son vías de dos o más calzadas, un separador central, andenes a cada lado y con accesos parcialmente controlados. Los cruces pueden ser a desnivel o a nivel controlados por semáforos. Presentan un alto volumen de tráfico principalmente de vehículos livianos y buses. Las arterias principales son las más aconsejables para la circulación de sistemas de transporte colectivo de pasajeros por lo que se hace necesario la implementación de carriles de uso exclusivo y de bahías apropiadas para la operación adecuada. Pueden estar dotadas de ciclo vías, amplios separadores, línea de metro y franjas de amoblamiento. Todos los movimientos del tránsito de larga distancia, desde y dentro de la ciudad, se deben canalizar a lo largo de estas vías. Conectan complejos comerciales y/o industriales de impacto urbano. Su velocidad de diseño está entre 60 y 80 km/h La pendiente longitudinal máxima recomendada es del orden del 6%. (Arboleda, 2010, p.13; Montoya, 2005, p.3).

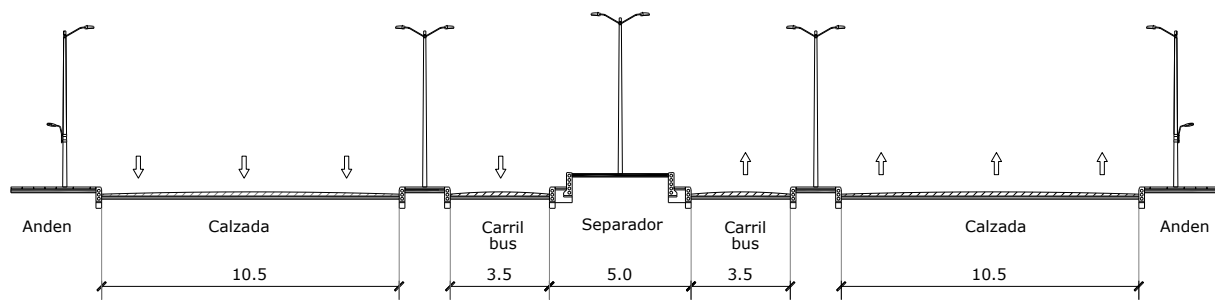


Figura 1.3. Arteria principal

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

1.2.2.2 Arterias secundarias

Conecta e incrementa el sistema arterial principal y son menos largas. Actúan como ejes distribuidores y recolectores de tránsito dentro de la ciudad. Constituyen la unión entre la red básica y las vías de las áreas con uso del suelo definido. Su función principal es alimentar las vías colectoras y las vías arterias principales, sin atravesar éstas. Pueden ser de una o dos calzadas y permiten la circulación de un alto porcentaje de vehículos convencionales de transporte público colectivo. Cuando son de una sola calzada son unidireccionales. En general todas sus intersecciones son a nivel controladas por semáforos y aunque su función principal es la de la movilidad del tráfico vehicular también cumple la labor de servir de accesibilidad a las propiedades colindantes. Este sistema maneja viajes de mediana longitud y los distribuye en áreas geográficas menores que las servidas por el sistema arterial principal. Su desarrollo urbanístico colindante es denso y presenta franjas de desarrollo comercial y residencial. (Arboleda, 2010, p.13; Montoya, 2005, p.3).

Su velocidad de diseño está entre 50 km/h y 60 km/h y su pendiente longitudinal máxima recomendable es del 8.0%.

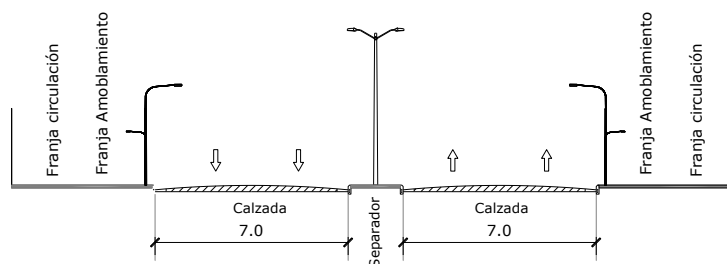


Figura 1.4. Arteria secundaria

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

1.2.3 COLECTORAS

Su función principal es llevar el tránsito de las vías locales a las arterias y viceversa, distribuyen el tránsito dentro de las distintas zonas de la ciudad, es decir, permiten la accesibilidad directa a zonas residenciales, comercio, instituciones educativas, industria y demás. El tipo de vehículos que las usan son los que tienen tránsito de paso y los que van hacia su lugar de destino como casa o comercio. Comprenden alrededor del 2.0% de la red vial de una ciudad. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arterias o colectoras y, con paso a prelación,

con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos y el cargue y descargue se encuentra autorizado, pero debe estar regulado en horario y duración siempre velando por la correcta seguridad de todos los usuarios. Son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Para el sistema de transporte público se tienen paraderos o carriles especiales. Corresponden al último nivel de accesibilidad del transporte público colectivo. Las vías colectoras se conectan con las arterias, con otras colectoras y con las vías locales. Manejan velocidades entre 40km/ y 50 km/h. Generalmente son de una calzada y pueden ser unidireccionales o bidireccionales (preferiblemente unidireccionales). La pendiente longitudinal máxima recomendada es del orden del 12%. (Arboleda, 2010, p.13; Reyes & Cárdenas, 2007. p.110; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.30; Montoya, 2005, p.3).

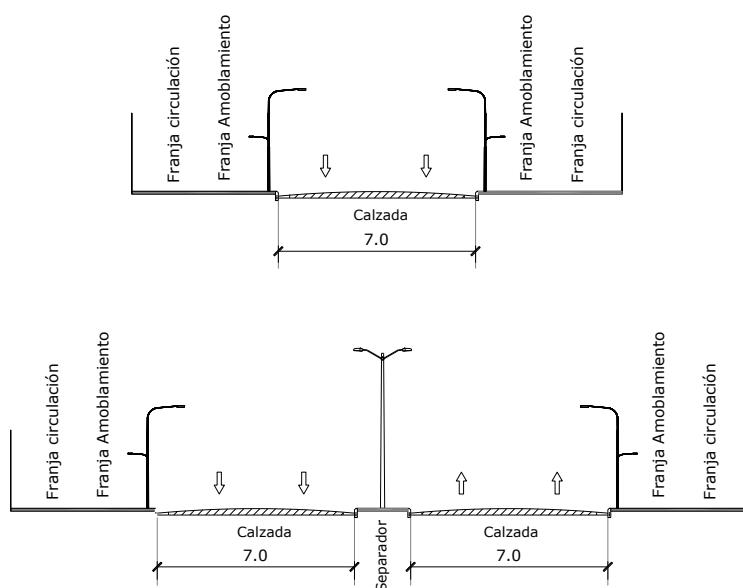


Figura 1.5. Colectoras

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

1.2.4 LOCALES O RESIDENCIALES

Su función principal es proveer acceso directo a los predios, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. El mayor volumen vehicular es de livianos; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal al 100%, tienen tránsito de vehículos semipesados como repartidores de mercancía, trasteos, o recolección de basuras, se permite la libre circulación de bicicletas sin tener carril exclusivo o canalizado. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

Además de la circulación de vehículos, deben disponer de áreas suficientes para la circulación peatonal hacia el sistema de vías colectoras, en procura de acceder al sistema de transporte público colectivo ya que este no está permitido en estas vías. Manejan velocidades entre 30 km/h y 40 km/h, esto dado por diseño debido a que manejan secciones y radios más pequeños; además es también un tema de regulación de las autoridades viales. Generalmente son de una calzada y de sentido bidireccional. La pendiente

longitudinal máxima recomendada es del 16%. Comprende entre el 60 y 80% de la malla vial de una ciudad.

Las vías locales son vías de una calzada, unidireccionales que comunican las autopistas urbanas con predios residenciales o institucionales. Estas vías sirven de transición de velocidad entre una autopista urbana y entornos de bajas velocidades como los sitios de destino u origen de los usuarios. (Arboleda, 2010, pp.13-14; Reyes & Cárdenas, 2007. p.110; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.30; Montoya, 2005, p.3).

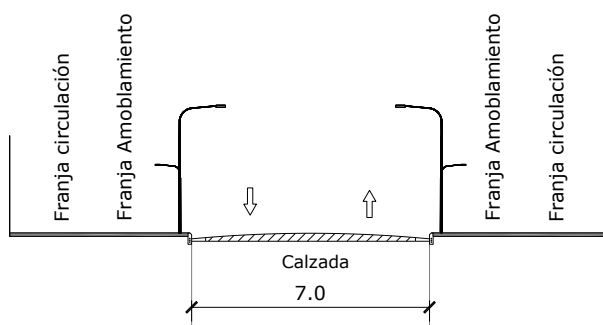


Figura 1.6. Vías locales

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

1.2.5 PEATONALES

Son aquellas destinadas exclusivamente al tránsito de peatones, con posibilidad de ingreso de vehículos a bajas velocidades (semipeatonales), en determinados horarios y para funciones muy específicas como emergencias o cargue y descargue de mercancía. Generalmente son de secciones entre 3m y 5m. Pueden tener bahías para el ascenso y descenso de pasajeros o cargue y descargue de mercancía cuando así estén autorizadas. Algunos ejemplos de esta clasificación son: Pasajes peatonales, malecones, boulevards, vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas. (Arboleda, 2010, p.14).

1.2.6 CICLORRUTAS

Son aquellas destinadas únicamente a la circulación de bicicletas. Se pueden diseñar en vías arterias o colectoras. Deben ser totalmente segregadas de los vehículos motorizados por seguridad de los usuarios. Cuando se suaviza la segregación debe ser en una vía colectoras. Cuando no se tiene ningún tipo de segregación física se conocen como ciclobandas. (Arboleda, 2010, p.14).

En la Figura 1.7 se muestra un esquema de la jerarquía vial y su distribución

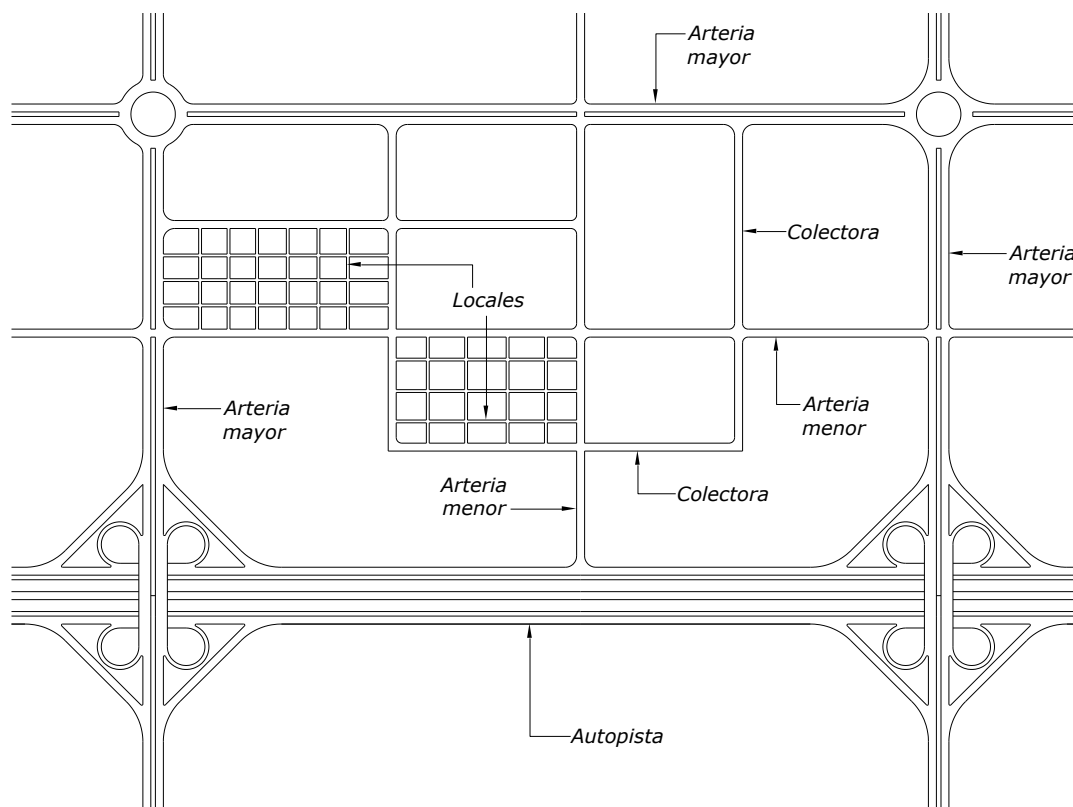


Figura 1.7. Jerarquía vial.

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

En la Figura 1.8 se muestra un ejemplo de red vial urbana en la ciudad de Medellín.



Figura 1.8. Jerarquía vial.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0

1.3 NOMENCLATURA DE LAS VÍAS URBANAS

Generalmente las vías de comunicación de una ciudad están definidas de acuerdo al esquema de la cuadrícula española, es decir, dividen a la ciudad en forma de retícula o cuadrícula, especialmente en los centros urbanos.

Las vías se nombran de acuerdo a su orientación geoespacial a través de la nomenclatura. La nomenclatura vial es un conjunto de caracteres alfanuméricos que identifican una vía. Algunas veces, popularmente, las vías pueden tomar nombres de ciudades, personalidades o elementos emblemáticos de la ciudad. Dentro de la nomenclatura, la vía principal es el eje vial en la que se localiza la entrada principal del predio y la segunda vía es el eje vial que tiene intersección con la vía principal.

Los tipos de vías urbanas toman diferentes nombres según su orientación. En general a lo largo del país manejan el patrón de orientación que se indica a continuación, pero en algunas ciudades puede estar invertido y es potestad de cada ente de planeación determinar esta configuración.

- Calle: Vías que habitualmente van de oriente a occidente o viceversa. Generalmente la secuencia numérica aumenta de sur a Norte.
- Carrera: Vías que habitualmente van de norte a sur o viceversa. Generalmente la secuencia numérica aumenta de oriente a occidente.
- Transversal: Vías que habitualmente van de noroccidente a suroriente o viceversa.
- Diagonal: Vías que habitualmente van de suroccidente al nororiente o viceversa.
- Circulares: Vías que tienen una trayectoria circular, generalmente alrededor de un amoblamiento o equipamiento urbano.



Figura 1.9. Nomenclatura en Medellín

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.

https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0

A menudo se tienen otras denominaciones según la funcionalidad que prestan y puede ser cualquiera de las anteriormente enunciadas

- Avenida: Vía importante de comunicación dentro de una ciudad.
- Boulevard: Elemento urbanístico, generalmente peatonal, en el que se puede incentivar el comercio.
- Circunvalar: Vía que rodea una ciudad o parte de ella, con el fin de que los vehículos que no lo necesiten, eviten ingresar al centro urbano. Se diferencia de una variante o “Bypass” en que las circunvalares están conectadas con el centro de la ciudad, por ende, los usuarios pueden escoger en qué momento o por cual vía acceder al centro, o simplemente no hacerlo.

Siendo así, la numeración de un predio se hace con base a la vía en que está ubicado y una serie de números, letras y elementos cardinales que dan la ubicación exacta. Ejemplo:

Carrera 47 # 17 Sur-32. Esto significa que la entrada principal del predio está situada en la carrera 47, a 32 metros de distancia de la esquina de la calle 17 Sur hacia la calle 18 Sur. El Sur que acompaña a la calle 17 indica que se encuentra hacia el sur de la ciudad.

En algunas ocasiones las secuencias de números de calles, carreras, diagonales o transversales pueden ir acompañadas de una letra (Se empieza en orden alfabético) o de un punto cardinal dependiendo donde esté ubicada la vía.

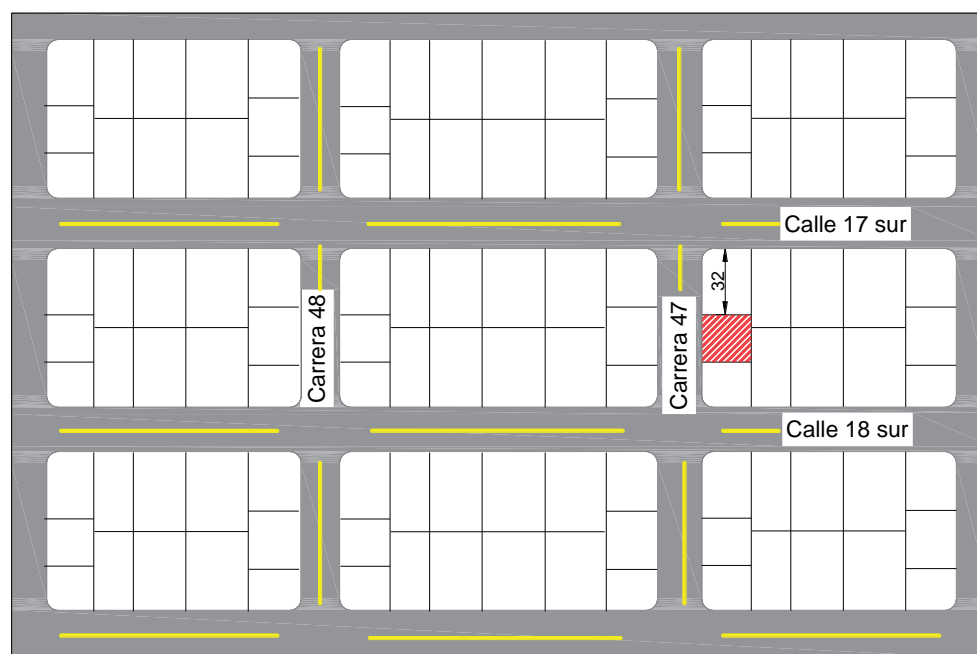


Figura 1.10. Número de placa

2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO

2.1 DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS Y VEHÍCULO DE DISEÑO

Los vehículos que circulan por las vías urbanas, están destinados a distintos usos en función de su peso, potencia, dimensiones y maniobrabilidad, y esto condiciona las características del diseño geométrico y resistencia del pavimento. En una misma vía existirán diferentes tipos de vehículos por lo cual se debe tener el criterio para elegir el vehículo de diseño, generalmente es el de las condiciones más desfavorables para la movilidad, pero se deben tener en cuenta todos los aspectos posibles para no entrar en una sobredimensión de la vía. Para determinar el vehículo de diseño, se debe tener en cuenta aquel que presente mayores exigencias y que posiblemente hará uso de la infraestructura con mayor frecuencia. Se debe considerar: Jerarquía de la vía, composición vehicular, vocación del transporte y área de actividad. La selección de las especificaciones de los vehículos y de los elementos de las intersecciones, como lazos, dependerá de la corriente vehicular a la cual se conecte, y no debe afectar a los otros elementos de la intersección ni de la vía. (Arboleda, 2010, p.25; Reyes & Cárdenas, 2007, pp.83-86; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.87; Agudelo, 2002, pp.68-72; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.50).

Se debe tener en cuenta algunas consideraciones como:

- El ancho del vehículo adoptado como de diseño, influye en el ancho del carril de circulación, de las bermas, el sobrecancho de las curvas y en las dimensiones de los estacionamientos.
- La distancia entre ejes influye en el ancho y en los radios mínimos externos e internos de las vías.
- La longitud total del vehículo tiene influencia en el ancho de la berma en la extensión de los carriles de espera, en los paraderos y zonas de estacionamiento.
- La relación peso bruto total/potencia, influye en la pendiente máxima admisible para la vía y participa en la determinación de la necesidad de carriles adicionales de subida.

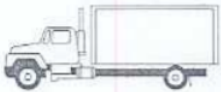




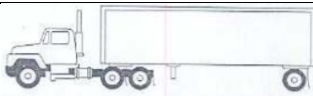

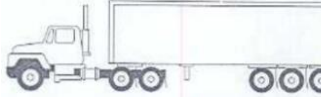
Según la Resolución 4100 de 28 de dic 2004 del Ministerio de Transporte, los vehículos de transporte de carga que circulen por el territorio nacional, deben cumplir con las dimensiones establecidas en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Dimensiones de los vehículos pesados según Min Transporte

Nota: Resolución 4100/2004

* La dimensión de la altura máxima se verifica con el vehículo descargado.

** En la longitud máxima del remolque no se incluye la barra de tiro.

DESIGNACIÓN	CONFIGURACIÓN	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES		
			ANCHO MÁXIMO [m]	ALTURA MÁXIMA [m] *	LONGITUD MÁXIMA [m] **
2		Camión de 2 ejes. Sencillo	2.60	4.40	10.80
3		Camión de 3 ejes. Dobletroque	2.60	4.40	12.20
4		Camión de 4 ejes.	2.60	4.40	12.20
2S1		Tractocamión de 2 ejes con semirremolque de un eje	2.60	4.40	18.50
2S3		Tractocamión de 2 ejes con semirremolque de 3 ejes	2.60	4.40	18.50
3S1		Tractocamión de 3 ejes con semirremolque de un eje	2.60	4.40	18.50
3S2		Tractocamión de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes	2.60	4.40	18.50
3S3		Tractocamión de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes	2.60	4.40	18.50

En cuanto a los vehículos livianos o automóviles las dimensiones máximas son: 1.80m de ancho, 5.0m de longitud.

Si una vía o una intersección es adecuada para un vehículo tipo camión y/o bus, también lo es para los automóviles. Si el número de vehículos pesados (buses y camiones) que hace uso de la vía urbana es muy bajo, el ancho de la vía y los radios de giro se pueden reducir para satisfacer solo la circulación de automóviles.

2.2 RADIOS DE GIRO

El ancho, la separación entre ejes y la longitud total de un vehículo determinan su mínimo radio de giro. Está determinado entre la llanta trasera interior y la llanta delantera exterior. El radio de giro mínimo es el radio de la circunferencia que describe la rueda delantera del lado contrario a aquel hacia el que se gira. Este radio es el que permite conocer el espacio que requiere un vehículo para cambiar de sentido de circulación. (Arboleda, 2010, pp.25-26; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.93-94; Agudelo, 2002, pp.68-72; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.51).

Los radios mínimos de giro se muestran en la Tabla 2.2, basados en las trayectorias típicas descritas por los vehículos en las intersecciones.

Tabla 2.2 Radio mínimo de giro (m)

Nota: Datos tomados de Manual de Diseño Geométrico. INVIAS

*Depende la trayectoria de la maniobra

RADIO MÍNIMO DE GIRO (m)		
Tipo de vehículo	Radio mínimo de giro	
	Interno	Externo
Automóvil	3.22	6.20
Bus	7.26	12.07
Vehículo pesado Categoría 2	7.66	12.70
Vehículo pesado Categoría 3	7.36	12.48
Vehículo pesado articulado	>5.00*	14.13

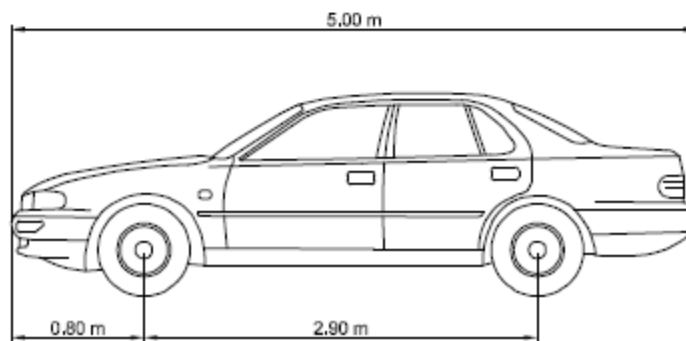
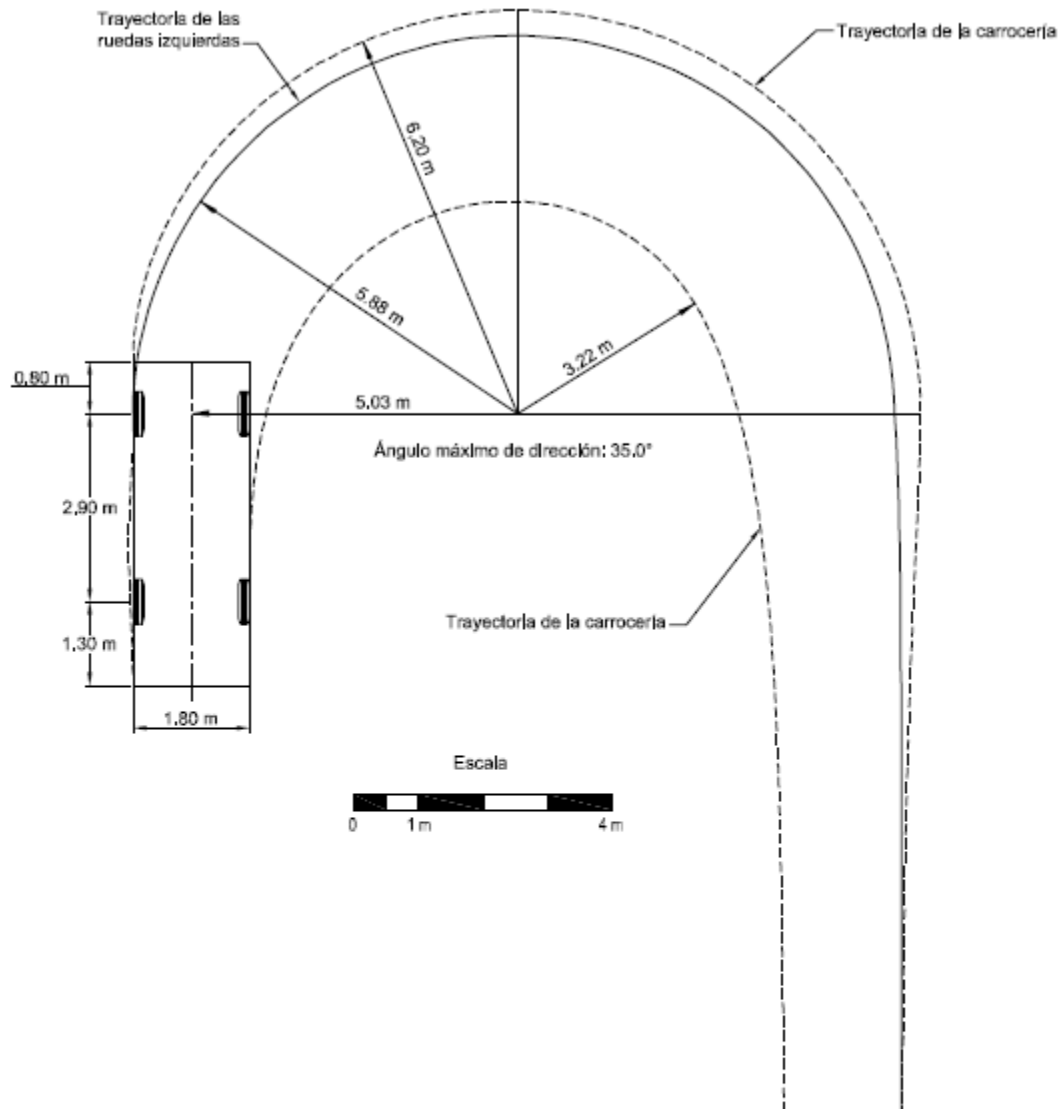


Figura 2.1. Dimensiones y trayectorias de giro para Vehículo liviano.
 Nota: Datos tomados de Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008

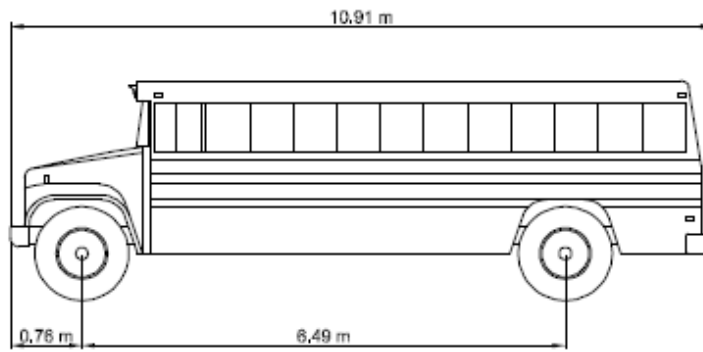
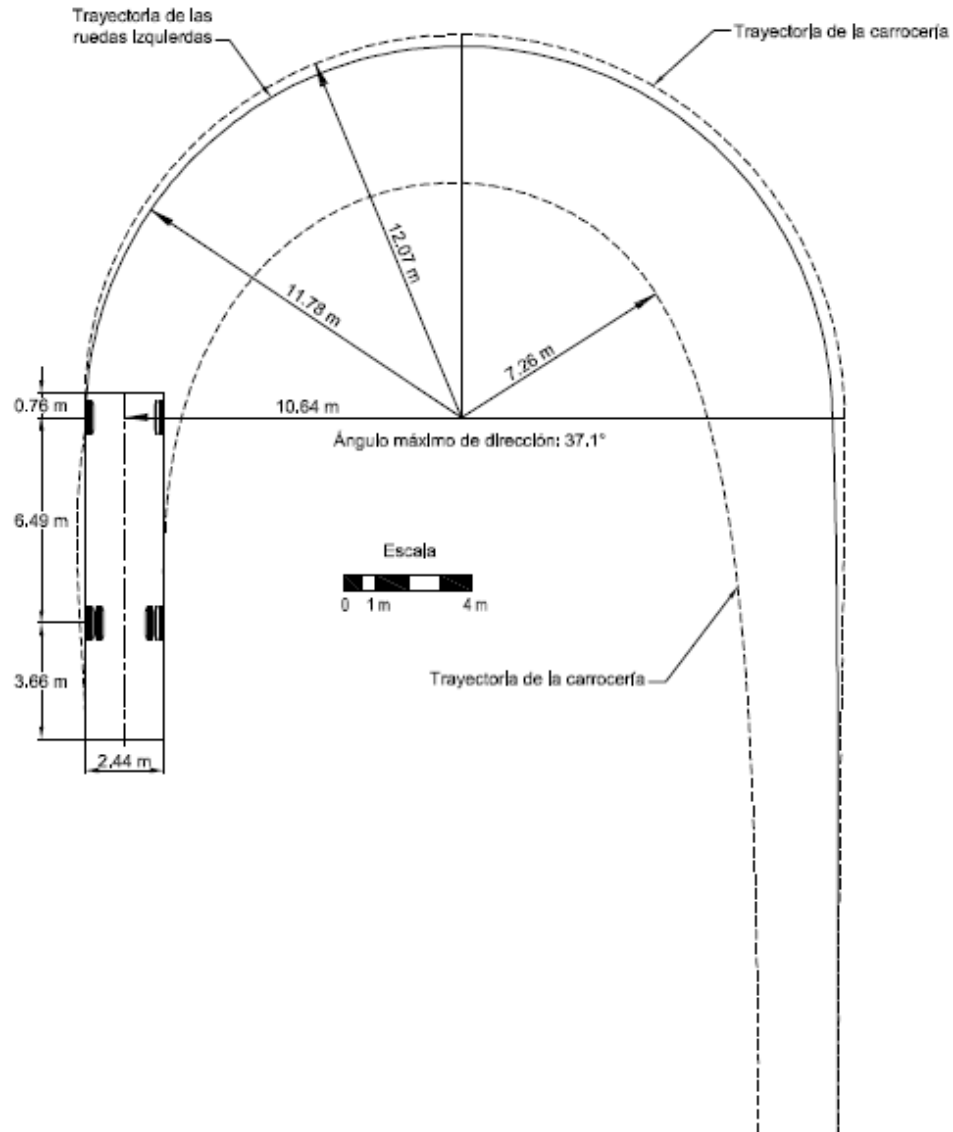


Figura 2.2. Dimensiones y trayectorias de giro para Bus mediano.
 Nota: Datos tomados de Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008

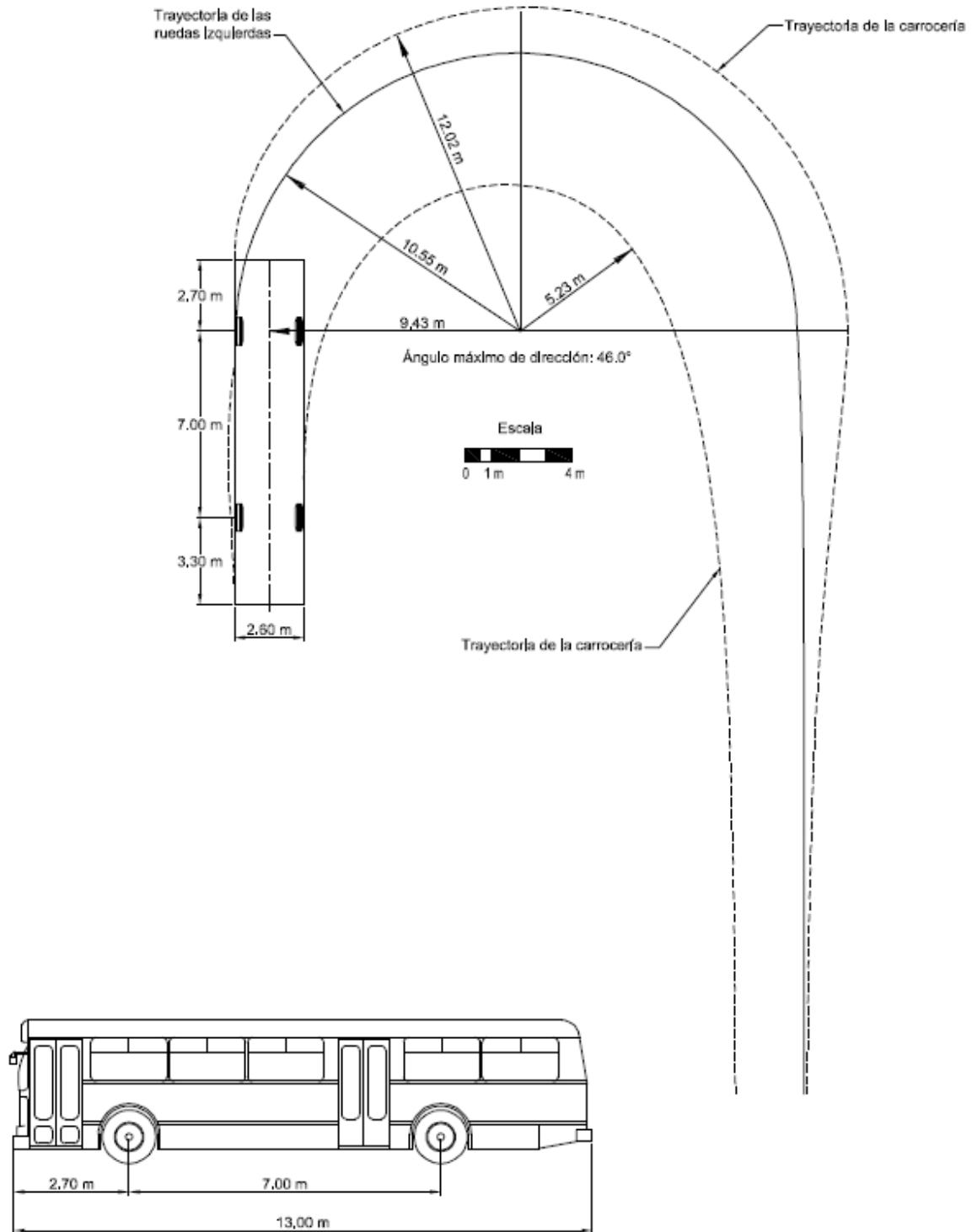


Figura 2.3. Dimensiones y trayectorias de giro para Bus grande.

Nota: Datos tomados de Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008

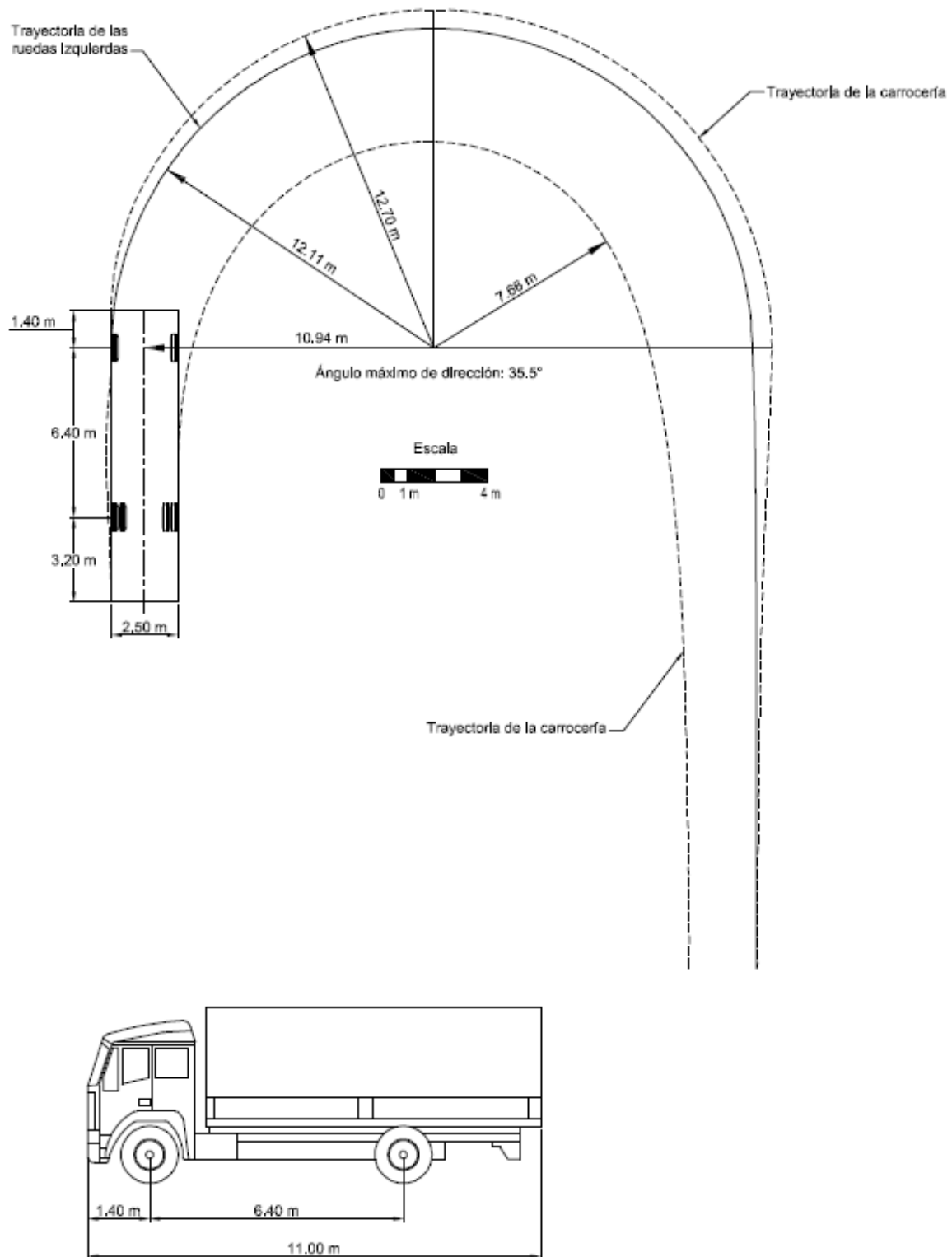


Figura 2.4. Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 2.
Nota: Datos tomados de Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008

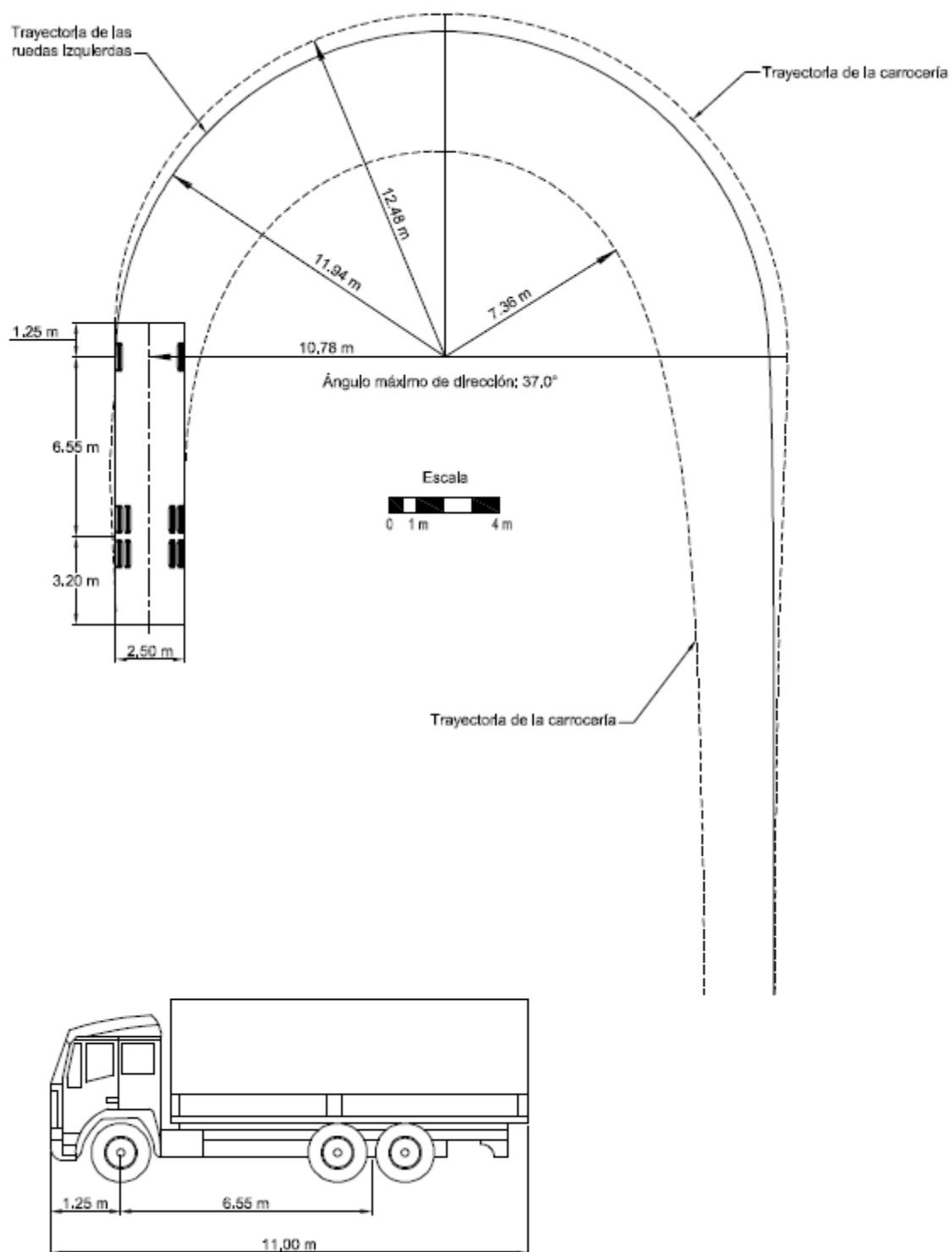


Figura 2.5. Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 3.
Nota: Datos tomados de Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO

El tráfico es el factor que indica el servicio para el cual se ha de diseñar la vía y afecta directamente las características geométricas del diseño tales como ancho de calzada, los alineamientos, las pendientes. Las características que deben estudiarse son: los volúmenes, la distribución direccional, la composición y la velocidad. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.38-39; Agudelo, 2002, p.76).

2.3.1 *Volúmenes*

El volumen de tráfico que pasa por un punto de una vía se acostumbra a medirlo por el tránsito promedio diario (TPD), el cual se define como el volumen total de vehículos que pasa en un determinado período (mayor de un día y menor de un año) dividido por el número de días en el periodo. Cuando el período de conteo es de un año completo se obtiene el TPDA, Tránsito Promedio Diario Anual. El TPD es importante al determinar, por ejemplo, la utilización efectiva que se está haciendo de la vía o al estudiar la justificación económica de las inversiones que en ella se hagan o se proyecten y además para el diseño de pavimentos y puentes. Pero para el diseño geométrico se debe utilizar un volumen de tráfico durante un período de tiempo más corto que el día ya que el TPD no refleja apropiadamente las condiciones fluctuantes del volumen de tráfico que se presentan durante un día normal. El volumen que se utiliza es el tránsito horario, TH. El TH que debe usarse al diseñar es el de las horas pico, o sea de las horas de mayores volúmenes de tránsito. Los volúmenes siempre son dinámicos, sin embargo, sus variaciones son generalmente repetitivas y guardan ciertos patrones. A través de los aforos vehiculares en varios periodos se puede conocer las características de un determinado sector o periodo del año y así poder hacer análisis del tránsito y estimaciones a futuro o proyecciones y poder hacer acciones preventivas y de control en cada sector o temporada. (Reyes & Cárdenas, 2007, pp.178-179; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.39; Agudelo, 2002, pp.76-77).

2.3.2 *Distribución direccional*

Se refiere a la distribución porcentual del tráfico en cada una de las direcciones y carriles de la vía. La distribución de los volúmenes de tránsito por carriles debe ser considerada, tanto en el diseño como en la operación de la vía. Hay que tener en cuenta los diferentes carriles y características como por ejemplo que el carril derecho generalmente genera más colas por los giros y paradas de los vehículos, generalmente el carril del medio es el de mayor velocidad y capacidad siguiendo la teoría de flujos. Asimismo, se debe analizar la distribución direccional por franjas horarias (mañana y tarde) y examinar en qué dirección se tiene la mayor cantidad de vehículos en cada franja horaria.

Al dar tanto el TPD como el TH se da el tráfico total en ambas direcciones de las calles. En algunos sitios especiales, como en las intersecciones con otras vías, si se requiere conocer por separado los volúmenes de tránsito que efectúan las diferentes maniobras posibles en la intersección. Las vías de dos carriles y doble vía se diseñan para el tráfico total en ambas direcciones y, por tanto, no tiene ninguna significación el dato de la distribución del tráfico en las dos direcciones. En las vías de más de dos carriles y con separadores entre estos, si se requiere conocer la distribución en ambas direcciones del tráfico ya que

cada calzada se debe diseñar por separado. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.40; Agudelo, 2002, p. 77).

2.3.3 Composición

La composición vehicular se mide en términos de porcentajes sobre el volumen total. El tipo de vehículos que circulan por una vía afectan la operación de esta. No es lo mismo para la operación de la vía el que este ocupada por una tractomula cargada que por un automóvil moderno en buen estado y que solo lleva el conductor como carga. La tractomula cargada lleva, muchas veces, una velocidad baja y perturba, por eso, el flujo normal de los demás vehículos. Los diferentes tipos de vehículos enunciados al hablar de los vehículos de diseño pueden agruparse en dos categorías teniendo en cuenta la forma en que afectan la operación de las vías, vehículos livianos y pesados. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.40; Agudelo, 2002, pp. 77-79).

2.3.4 La velocidad

La velocidad como magnitud vectorial está definida como el cambio de posición de un cuerpo con respecto al tiempo. Esta característica del tráfico se analizará con mayor detalle en el capítulo 2.9

2.4 VOLUMEN DEL TRÁNSITO

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una vía durante un período determinado. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Período determinado (unidades de tiempo)

(Reyes & Cárdenas, 2007, p.170)

2.4.1 Aplicación de los volúmenes de tránsito en diferentes ámbitos

Tabla 2.3 Aplicación de los volúmenes de tránsito

Nota: Reyes Spíndola, R. C. M. & Cárdenas Grisales, J. (2007). Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones.

Aplicación de los volúmenes de tránsito en diferentes ámbitos	
Planeación Urbanística	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de la red vial • Estimación de los cambios vehiculares • Modelos de asignación y distribución de tránsito • Desarrollo de programas de mantenimiento y construcción
Diseños técnicos, investigación y desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Estimaciones de la calidad del aire (junto con los demás factores que influyen) • Valoraciones del consumo de combustible • Análisis económicos • Diseño geométrico de vías. • Diseño de estructuras de pavimento.
Ingeniería de Tránsito	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de capacidad y niveles de servicio • Caracterización de flujos vehiculares • Zonificación de velocidades • Necesidades de dispositivos para el control de tránsito • Estudio de estacionamientos • Requerimientos de nuevas vías o cierre de broches existentes
Seguridad Vial	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de índices de incidentes y mortalidad. • Evaluación de mejoras en la seguridad vial. • Análisis e investigación de las causas de los incidentes
Usos comerciales y particulares	<ul style="list-style-type: none"> • Hoteles y restaurantes • Instituciones educativas • Centros comerciales • Autoservicios • Teatros • Hospitales

Como se indicó hay varias unidades de tiempo para los volúmenes de tránsito, pero se detallará el tránsito horario (TH). El diseño de las vías urbanas se basa en la hora de máxima demanda (HMD), la cual es la franja de 60 minutos consecutivos en la cual se obtuvo el mayor número de vehículos al momento del aforo.

2.4.2 Tránsito Horario (TH)

Se usa para proyectar el diseño geométrico, hacer análisis de circulación, regulación del tránsito, determinar la longitud y magnitud de los períodos de máxima demanda, evaluar deficiencias de capacidad, establecer sentidos de circulación y rutas de tránsito, prohibir maniobras y lugares de estacionamiento. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.177; Montoya, 2005, p.21).

2.5 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

El diseño de las vías y los accesos, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. La proyección de los volúmenes se hace necesaria en cuanto a que el diseño no se ejecuta al mismo instante que se plantea y además porque se requiere una vida útil de los proyectos.

Es normal el crecimiento del tránsito, en algunos sectores puede ser mayor que en otros, pero constantemente se ve la tendencia positiva de este fenómeno y tiene diversos motivos como el deseo de cada vez más personas movilizarse, la producción industrial, la flexibilidad y comodidad del vehículo particular, crecimiento de la población.

Se debe diseñar para el año en el cual se puede estimar el tránsito con una razonable exactitud. Generalmente los volúmenes se proyectan para un plazo máximo de 20 años. Dependiendo la intervención puntual en la ciudad, el plazo puede ser entre 10 y 15 años. Estimar el tráfico para un período mayor no se justifica debido a que pueden ocurrir cambios en la economía regional, en la población, en la composición urbana y demás factores que pueden modificar el comportamiento del tránsito en la vía. (Reyes & Cárdenas, 2007, pp.202-203; Agudelo, 2002, pp. 79-80).

Los componentes del tránsito futuro se dividen en dos grupos, el tránsito actual y el incremento del tránsito.

2.5.1 *Tránsito actual*

Es el volumen de tránsito que tiene la vía en el momento en que esta se pone en servicio. Está compuesto por:

2.5.1.1 Tránsito existente

Es el que usa la misma vía que se va a intervenir. Para el caso de una vía nueva este componente no existe.

2.5.1.2 Tránsito atraído

El proyecto atrae tránsito de otras vías existentes, ya que, para algunas zonas del proyecto, cuando esté construido o mejorado, ofrecerá más ventajas a los usuarios que otras vías existentes. La definición del área de influencia que se incorpora al proyecto se hace generalmente bajo la consideración de tiempos de viaje, extendiéndose el área de influencia hasta la línea que permite hacer el viaje en menor tiempo, comparado con la utilización de otra vía existente.

El tránsito actual se establece de las siguientes formas:

- Conteos sobre la vía en estudio.
- Conteos de tránsito en las vías que puedan influenciar el tránsito de la vía en estudio.
- Estudios de origen y destino.

El costo de estos estudios y conteos es pequeño comparado con los costos de construcción de las mejoras y, por tanto, no se deben ahorrar esfuerzos para obtener los datos necesarios a fin de lograr una buena estimación de los volúmenes de tráfico para el diseño. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.203; Agudelo, 2002, pp. 80-81).

2.5.2 Incremento del tránsito

Una vez establecido el tránsito actual es necesario determinar el tránsito probable en el año para el cual se va a diseñar la vía. Para esto al tránsito actual se le debe agregar el crecimiento normal del tránsito, el tránsito generado y el tránsito por desarrollo de la zona. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.204; Agudelo, 2002, p.81).

2.5.2.1 Crecimiento normal

Considera el crecimiento de la población y del número de vehículos del área de influencia. Año tras año se aumenta el número de viajes en los diferentes modos. La tasa de crecimiento es obtenida a través de análisis de métodos estadísticos, cifras de entidades gubernamentales y gremios del sector. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.204; Agudelo, 2002, pp.81-82).

Se calcula con la siguiente ecuación

$$\text{Tránsito futuro} = \text{Tránsito actual} \times \text{Factor}$$

El factor de crecimiento se calcula aplicando la siguiente fórmula

$$\text{Factor} = \frac{[(1 + r)^n - 1]}{r}$$

Donde:

r = tasa de crecimiento

n = número de años

Generalmente las autoridades de tránsito poseen los datos del parque automotor existente con lo que se puede obtener una tasa de crecimiento anual.

2.5.2.2 Tránsito Generado

Son los viajes vehiculares que no se realizarían si no se construye el proyecto vial. Es consecuente de las nuevas facilidades de la vía. Según estudios se presentan principalmente en los dos primeros años de la vida útil de la vía y es del orden del 5.0% al 10% del tránsito actual. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.204; Agudelo, 2002, pp.82-83).

Se compone de:

- Tránsito convertido. El que se hacía por otro modo de transporte (avión, bus, tren).
- Tránsito inducido. El que no existía, pero por las características de la vía motiva a la población a realizar viajes.
- Tránsito trasladado. El que se hacía a otros lugares, pero por las mejoras o la construcción misma de la vía se cambia de destino.

2.5.2.3 Tránsito Desarrollado

Es el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras del entorno de la vía. Este es el tránsito debido al desarrollo adicional de la región debido a la puesta en servicio de la vía. Este tipo de crecimiento continúa actuando en el proyecto por varios años después que la vía ha sido puesta en servicio. Oscila alrededor del 5% del tránsito actual. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.204; Agudelo, 2002, p.83).

2.6 AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES, ADE

Los factores equivalentes son los encargados de homogeneizar los diferentes vehículos en trabajos que involucren volúmenes de tránsito. En la capacidad de las vías y las intersecciones, el volumen de tránsito se expresa en automóviles directos equivalentes (ADE) debido a que los distintos tipos de vehículos requieren espacios de vía diferentes. La unidad básica es el automóvil. (Reyes & Cárdenas, 2007, pp.450-451; Arboleda, 2010, p.27).

Los factores de equivalencia cambian de un país a otro, debido a lo heterogéneo de su parque automotor y de cómo sea su comportamiento en las vías. Por ejemplo, en la India que el modo principal es la motocicleta, esta tiene un factor de equivalencia de 1 y los automóviles de 2. Para Colombia, se tienen múltiples estudios que según algunas empresas consultoras pueden variar de región a región; pero los valores que se tienen más estandarizados o usados más frecuentemente y los que se van a utilizar en el presente documento son los mostrados en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Automóviles directos equivalentes (ADE)

AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES-ADE	
Tipo de vehículo	Factor de equivalencia
Automóviles (Taxis, vehículos comerciales, camionetas)	1.00
Motocicletas	0.33
Vehículos comerciales medianos y pesados (camiones)	2.00
Buses	2.20
Bicicletas	0.20

Además, estos valores son un promedio, debido a que el factor de equivalencia varía si se analiza en una intersección semaforizada, en vías de conexión con otras calzadas, en un tramo de vía a flujo libre, e inclusive puede detallarse aún más y variar por carriles.

2.7 CAPACIDAD DE LAS VÍAS URBANAS

Para determinar la capacidad de una vía es necesario conocer las características geométricas y de los flujos vehiculares que dependen de la condición de operación de la vía, los dispositivos de control y el entorno. Es la eficiencia con la que un sistema vial presta el servicio a su demanda de usuarios. Es la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía.

Es el máximo número de vehículos que pueden pasar por una sección uniforme de vía durante un tiempo dado, esto bajo las condiciones de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. La infraestructura vial puede ser de circulación continua o discontinua, habitualmente es discontinua ya que existen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo como semáforos e intersecciones. En condiciones ideales se tiene una capacidad de 2400 vehículos por hora en un carril, pero no se puede diseñar bajo conceptos ideales por ende la capacidad de una vía oscila entre 1800 -2000 vehículos por hora por carril. Este valor es el máximo permitido, las vías deben diseñarse de modo que el volumen de tránsito sea bastante inferior a la capacidad máxima. (Reyes & Cárdenas, 2007, pp.354-355; Arboleda, 2010, p.27; Agudelo, 2002, pp.75-76; Montoya, 2005, p.14).

2.7.1 Factores que afectan la capacidad

2.7.1.1 Infraestructura vial

Este condicionamiento incluye las características físicas de la vía, su entorno, obstrucciones laterales, carriles especiales, velocidad del proyecto, tipo de terreno, pendiente, ancho de carril y de berma, dicho de otra manera, a mayor ancho de carril mayor capacidad y viceversa; a mayor pendiente longitudinal menor capacidad e inversamente proporcional para una menor pendiente. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.356).

La capacidad de las vías urbanas, entre intersecciones, se presenta en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Capacidad de las vías entre intersecciones

Nota: Información tomada de Arboleda Vélez, G. (2010). *Vías Urbanas*. p.28

ADE/h: automóviles directos equivalentes por hora.

Tipo de vía	Ancho total de las calzadas disponibles para el movimiento vehicular en ambos sentidos (metros)		Capacidad de la vía en una dirección (ADE/h)
Una calzada, bidireccional, sin separador central	4.61	6.15	400
	6.16	7.70	600
	7.71	9.25	800
	9.26	10.80	1000
	10.81	12.35	1250
	12.36	13.90	1350
	13.91	15.45	1500
	15.46	17.00	1750
	17.01	18.55	2000
	18.56	20.10	2200
	20.11	21.65	2400
	Mayor que	21.65	2600
Dos calzadas con separador central	10.81	12.35	1300
	12.36	13.90	1450
	13.91	15.45	1600
	15.46	17.00	1750
	17.01	18.55	2000
	Anchos mayores		2000
Una calzada un solo sentido vehicular	4.00	6.15	950
	6.16	7.70	1450
	7.71	9.25	2000
	9.26	10.85	2400
	10.81	12.35	2750
	12.36	13.90	3350

2.7.1.2 Tránsito

Este condicionamiento se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, a su composición y su distribución direccional, a mayor porcentaje de vehículos pesados menor es la capacidad. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.356).

2.7.1.3 Dispositivos de control

Este condicionamiento se refiere a los dispositivos como semáforos, señalización, cámaras de restricción de velocidad, entre otros. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.356).

2.8 NIVELES DE SERVICIO Y VOLÚMENES DE SERVICIO

Este concepto aplica para sectores básicos de una vía, los cuales son sectores con control total de accesos que no son afectados por movimientos de divergencia, convergencia o entrecruzamiento. Es una medida cualitativa de la calidad del servicio que ofrece la vía a sus usuarios, se refleja en el grado de satisfacción o contrariedad que estos experimentan al usar la vía (depende de la percepción de estos).

Se establecieron dos medidas de efectividad que reflejan esa calidad de servicio, siendo la principal la velocidad media de los vehículos que transitan por la vía, y como medida auxiliar la relación entre el volumen que circula y la capacidad. La velocidad media describe el grado de movilidad, mientras que la relación volumen/capacidad permite vigilar la proximidad a la congestión

El nivel de servicio de una intersección con semáforos se define a través de las demoras. Cada carril puede tener un nivel de servicio diferente. (Reyes & Cárdenas, 2007, pp.355-356; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.82; Agudelo, 2002, p.85; Montoya, 2005, pp.14-15).

Hay seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

2.8.1 Nivel de servicio A

Representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de restricciones. El nivel de comodidad es excelente. La intensidad de tráfico es baja y las velocidades altas, los conductores no se ven forzados a mantener una determinada velocidad por causa de otros vehículos. Bajo condiciones ideales puede lograrse un volumen de servicio de 400 vehículos por hora, en los dos sentidos. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.363; Agudelo, 2002, p.86; Montoya, 2005, p.15).

2.8.2 Nivel de servicio B

Corresponde a una circulación estable. Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno. El volumen del servicio puede a unos 900 vehículos/hora cuando las condiciones son ideales y las distancias de visibilidad de adelanto son continuas. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.363; Agudelo, 2002, p.86; Montoya, 2005, p.15).

2.8.3 Nivel de servicio C

Aún sigue siendo circulación estable. Representa las condiciones cuando en el flujo empiezan a presentarse restricciones de geometría, pendiente e interacción con otros usuarios. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado. El volumen de servicio funciona al 70% de la capacidad. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.363; Agudelo, 2002, p.87; Montoya, 2005, p.15).

2.8.4 Nivel de servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. Se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente. El volumen de servicio es cercano al 85% de la capacidad. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.363; Agudelo, 2002, p.87; Montoya, 2005, p.16).

2.8.5 Nivel de servicio E

El funcionamiento de la vía está cerca del límite de su capacidad. La libertad de maniobra para circular es difícil y está condicionada al "Ceda el Paso" por los vehículos colindantes. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.363; Agudelo, 2002, pp.87-88; Montoya, 2005, p.16).

2.8.6 Nivel de servicio F

Representa condiciones de flujo forzado. Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. El volumen es cercano a los 2000 vehículos por hora. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.364; Agudelo, 2002, p.88; Montoya, 2005, p.15).



Figura 2.6. Niveles de servicio.

Nota: Reyes Spíndola, R. C. M. & Cárdenas Grisales, J. (2007). Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones. p.362.

2.9 VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de los vehículos en una vía depende de la pericia del conductor, del tipo y condición física del vehículo, de las características físicas de la vía, del entorno, del clima, de la presencia de otros vehículos y de las limitaciones a la velocidad impartidas por las autoridades.

A nivel urbano la determinación de las diferentes velocidades depende de:

- Presencia de conflictos, pasos y/o cruces peatonales a nivel y a desnivel
- Jerarquía de la vía
- Interferencias entre actores viales como peatones o ciclistas
- Tipos de actividad adyacentes
- Controles de seguridad vial
- Topografía

En las vías y específicamente las urbanas se manejan diferentes velocidades según sea su jerarquía o función. A continuación, se definen varios términos relacionados con la velocidad y luego se detalla en la velocidad de diseño que es la que dará las pautas para todos los elementos del diseño geométrico. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.250; Agudelo, 2002, pp.63-65; Montoya, 2005, p.16; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.108-110; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.37).

2.9.1 *Concepto de velocidad*

La definición velocidad está relacionada al cambio de posición de un cuerpo a lo largo del tiempo. Es una magnitud vectorial y se representa mediante flechas que indican la dirección y sentido del movimiento que sigue un cuerpo. Resumiendo, es la relación entre el espacio recorrido por un cuerpo y el tiempo que se tarda en recorrerlo. La unidad internacional es m/s, pero en lo relacionado con vías o movilidad se usa la unidad km/h. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.235; Agudelo, 2002, pp.61-63).

La velocidad esta expresada por la fórmula:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

v = Velocidad constante (Kilómetro por hora)

d = Distancia recorrida (kilómetros)

t = Tiempo de recorrido (horas)

2.9.2 *Velocidad Instantánea*

Es la que tiene un vehículo en un instante específico, en un punto determinado de su trayectoria. Esta velocidad es usualmente usada por las entidades de control a través de radares o cámaras de fotodetección o “salvavidas” para controlar los excesos de velocidad en la ciudad. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.238; Montoya, 2005, p.25).

2.9.3 *Velocidad de Recorrido*

Conocida también como velocidad de viaje, es el promedio de todas las diferentes velocidades que se pudo haber tenido en un trayecto. Resulta de dividir la distancia total recorrida entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. Aquí se incluyen varios tipos de aspectos como demoras operacionales y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control. Esta generalmente es usada para comparar condiciones de fluidez de ciertas vías o para dar estimados a los usuarios cuando buscan la mejor ruta a través de una aplicación social de tránsito automotor que funciona en tiempo real y es asistida por GPS. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.247; Agudelo, 2002, pp.66-67; Montoya, 2005, p.25).

2.9.4 *Velocidad de Circulación o de Marcha*

Es también conocida como velocidad de crucero. Resulta de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Esta velocidad es mayor que la de recorrido debido a que no tiene en cuenta las demoras o paradas, solo cuando el vehículo está en movimiento. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores, y varía durante el día principalmente por la variación de los volúmenes de tránsito. Muchos vehículos actuales traen esta tecnología para ayudar al conductor a programar una velocidad constante (velocidad de crucero) y así evitar excederse en las velocidades máximas permitidas. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.248; Agudelo, 2002, p.67; Montoya, 2005, p.25).

2.9.5 *Velocidad de Operación*

Es la velocidad a la que se observa que los conductores circulan. Se expresa como la velocidad a la cual, o por debajo de la cual, recorren el tramo el 85% de los conductores. (Corporación Andina de Fomento,

Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.107-108; Agudelo, 2002, p.66).

2.9.6 Velocidad de Diseño

También llamada velocidad de tramo homogéneo (V_{TR}) en el Manual del Invias. Es la velocidad de referencia que sirve de guía para definir las especificaciones mínimas para el diseño geométrico, que permite definir las características de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad. Es la velocidad de referencia para efectos del diseño geométrico de modo que en todo el tramo se garantice poder circular como mínimo a dicha velocidad. Quiere decir entonces que algunos elementos del diseño geométrico están relacionados con esta velocidad, como el radio de las curvas horizontales, el peralte, la pendiente vertical, las distancias de visibilidad, las longitudes de transición, entre otros.

La selección de la velocidad de diseño de una vía depende de varios aspectos como: jerarquía de la vía, tipo de terreno, uso del suelo, volúmenes de tránsito. En la Tabla 2.6 se muestran algunos valores de velocidades de diseño. (Reyes & Cárdenas, 2007, p.250; Agudelo, 2002, pp.63-65; Montoya, 2005, p.16; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.108-110; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.37).

Tabla 2.6 Velocidad de diseño según el tipo de vía

TIPO DE VÍA	VELOCIDAD (km/h)
Autopistas	Igual o mayor a 80
Arterias primarias	60 - 80
Arterias secundarias	50 - 60
Colectoras	40 - 50
Locales	30 - 40
Semi - Peatonales	No aplica velocidad de diseño. Los vehículos que ingresen deben hacerlo a la mínima posible.
Ciclorrutas	30

2.9.7 Velocidad Específica

Es la velocidad máxima con que se aborda cada uno de los elementos geométricos (curvas y entretangencias). Es la máxima velocidad que un vehículo puede mantener a lo largo del elemento considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad. Para asegurar la mayor homogeneidad del diseño y mayor seguridad de los usuarios, se obliga a que las velocidades específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean como mínimo iguales a la velocidad de diseño de ese tramo y no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora. (Agudelo, 2002, pp.65-66; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.110; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.38-40).

2.10 VISIBILIDAD

La distancia de visibilidad se define como la longitud continua de vía que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella. Es uno de los elementos más importantes en el trazado de una vía ya que garantiza una circulación segura y eficiente. Generalmente se toma de referencia los vehículos livianos. Se debe medir en cada calzada a una altura de 1.05 metros por encima del nivel de

esta, a lo largo del eje de la vía. La magnitud de esta distancia está condicionada al tipo de vía y a la velocidad de diseño.

Se debe verificar que en las curvas horizontales la visibilidad no esté restringida por árboles, columnas de puentes, postes de luz u otras obstrucciones a un lado de la vía o en el separador central. La distancia de visibilidad de adelantamiento solo se tendrá en cuenta en aquellos casos de calzadas de dos carriles con flujo en los dos sentidos, donde el rebase se realiza en el carril del sentido contrario. (Agudelo, 2002, p.361; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.183; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.51-58; Arboleda, 2010, p.29).

2.10.1 Visibilidad de adelantamiento

Distancia suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro, que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de inferir en un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra. (Agudelo, 2002, pp.368-375; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.185-186; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.61-64).

2.10.2 Visibilidad de parada

Distancia necesaria para que el conductor del vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño, pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria. (Agudelo, 2002, pp.362-367; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.184-185; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.58-60; Reyes & Cárdenas, 2007, pp.57-59).

2.10.3 Visibilidad de cruce

Visibilidad continua a lo largo de las vías que se cruzan, incluyendo sus esquinas, que le permite a los conductores que simultáneamente se aproximan, verse mutuamente con la debida anticipación y así evitar colisiones. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.65-68).

Tabla 2.7 Distancia mínima de visibilidad

Nota: Datos tomados de Manual de Diseño Geométrico (2008). INVIAS. pp.60,64,68. & Manual de Señalización (2015). pp. 377.

*Depende del tipo de vehículo que va a ejecutar la maniobra. Se muestran las mínimas absolutas.

Distancia mínima de visibilidad				
Velocidad (km/h)	De parada (m)	De adelantamiento (m)	De cruce (m) *	De adelantamiento prohibido (m)
80	130	240	160	60
70	105	210	140	55
60	85	170	120	45
50	65	150	100	40
40	50	140	80	35
30	35	80	80	30

3. SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal de una vía corresponde a un corte vertical normal al eje del alineamiento horizontal, definiendo la ubicación y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman dicha vía en un punto cualquiera y su relación con el terreno natural. La sección transversal típica adoptada influye en la capacidad de la vía, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, futuras ampliaciones, mantenimiento y en la seguridad y comodidad de los usuarios. La elección de las dimensiones de sus componentes debe estar acorde a la reglamentación del POT o PBOT de cada ciudad.

Los componentes de una sección vial dependen del tipo o clasificación de la vía. Estos componentes deben ajustarse al propósito de la vía y deben ser congruentes entre sí. Si hay un cambio de clasificación de la vía (por ejemplo, introducir un nuevo modo de transporte, pacificarla, o ampliarla para conectarla con otras vías) se deberá reconfigurar los elementos de la sección de modo que se adapten al nuevo propósito.

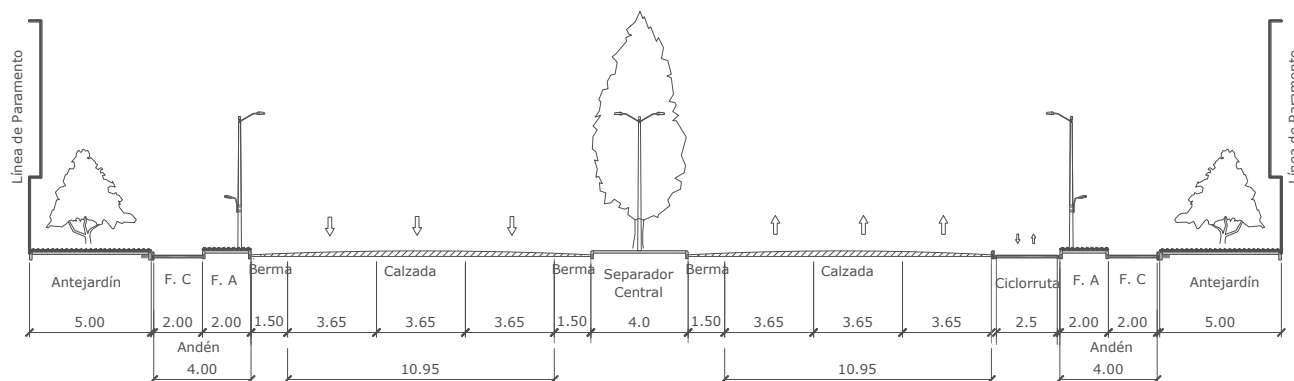


Figura 3.1. Sección transversal con todos los elementos.

3.1 SECCIÓN TRANSVERSAL SEGÚN LA CLASIFICACIÓN VIAL

A continuación, se muestra un ejemplo de sección transversal típica para cada uno de los tipos de vías. Los anchos de cada uno de los elementos pueden variar según el perfil urbano que se tenga y la sección pública que se requiera. También depende de los lineamientos de cada elemento que se detallan en el capítulo 3.2

3.1.1 AUTOPISTAS URBANAS

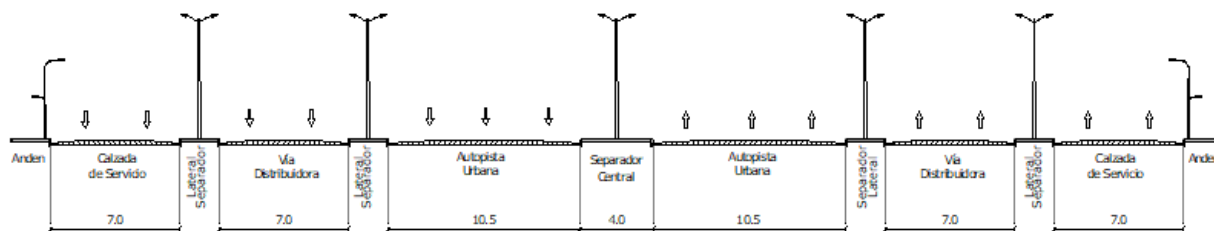


Figura 3.2. Autopista Urbana.

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

3.1.2 ARTERIAS

3.1.2.1 Arterias principales

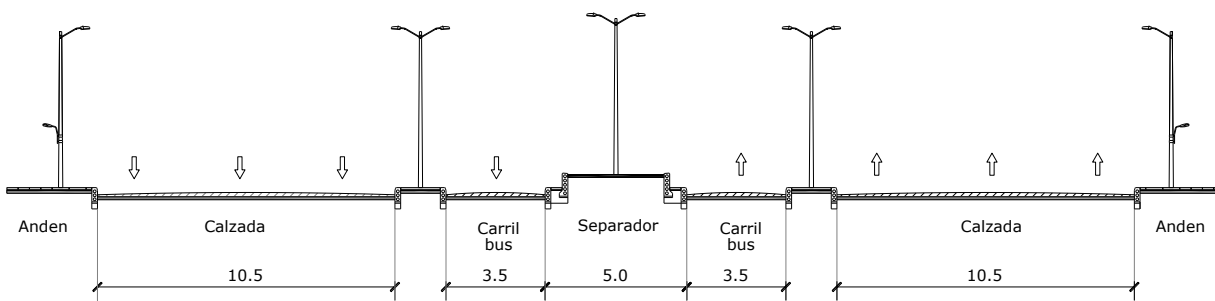


Figura 3.3. Arteria principal con carril exclusivo para bus
 Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

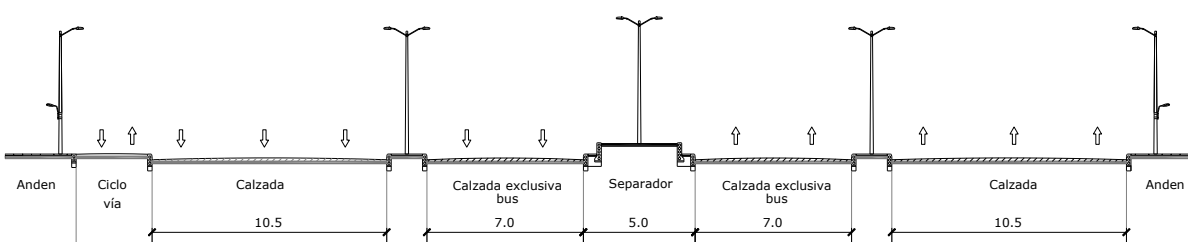


Figura 3.4. Arteria principal con calzada exclusiva para sistema de buses
 Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

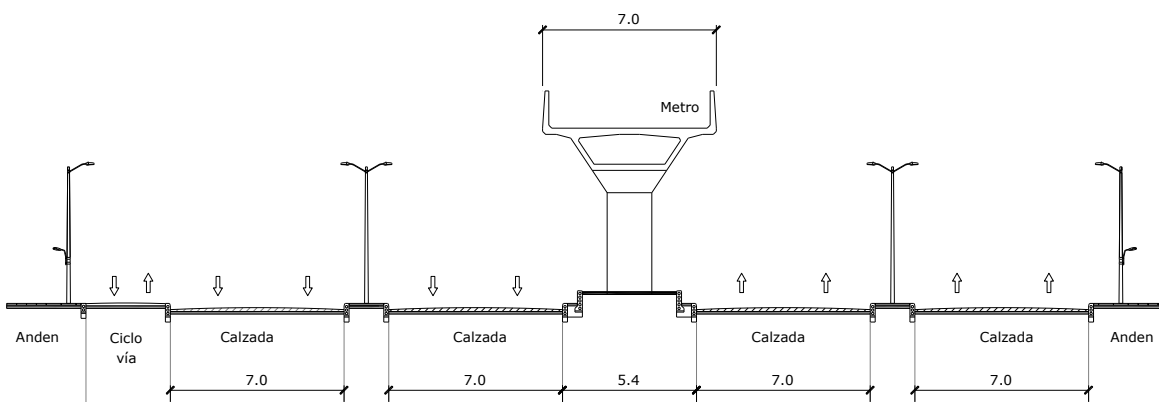


Figura 3.5. Arteria principal con sistema de transporte masivo
 Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

3.1.2.2 Arterias secundarias

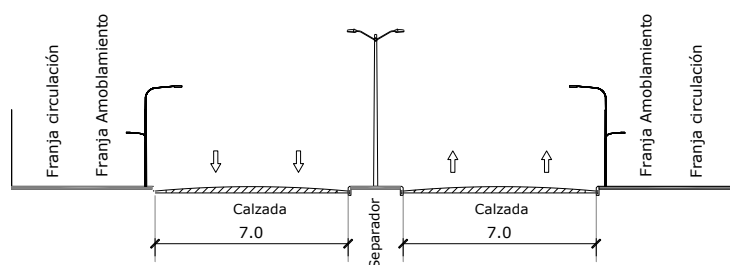


Figura 3.6. Arteria secundaria

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

3.1.3 COLECTORAS

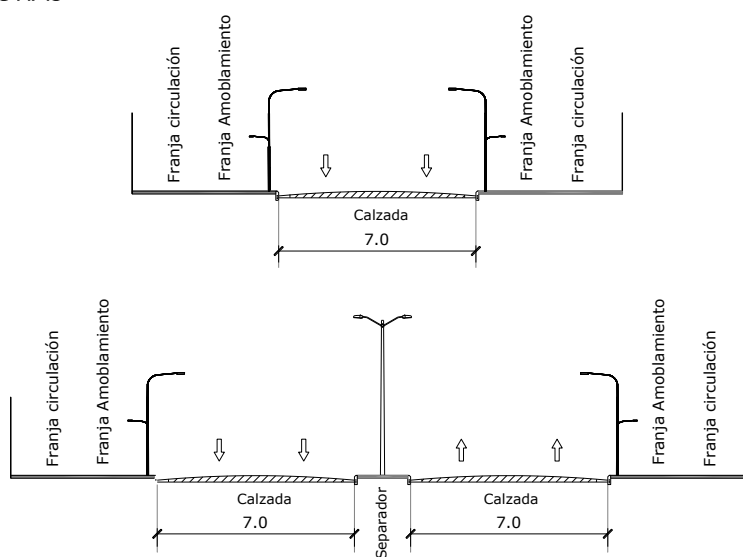


Figura 3.7. Colectoras

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

3.1.4 LOCALES O RESIDENCIALES

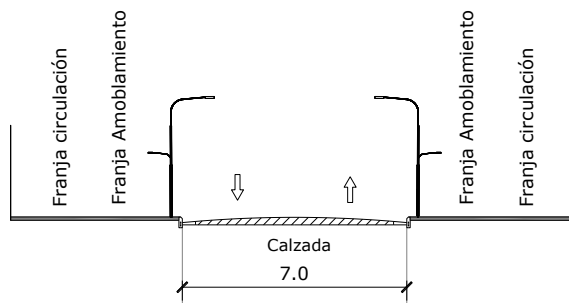


Figura 3.8. Vías locales

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

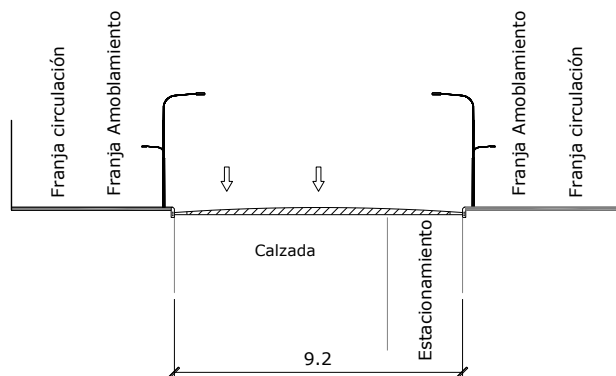


Figura 3.9. Vías locales con estacionamiento

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT.

3.2 ELEMENTOS

3.2.1 Perfil vial urbano

Área entre paramentos donde se desarrollan las dinámicas de accesibilidad a los predios, la movilidad de la ciudad, contenida por las fachadas, las áreas de retiro, ornato y transición entre los componentes de la vía y la propiedad privada, que pueden hacer parte de la red ecológica y las franjas de circulación vehicular y peatonal, entre otros. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, p.114).

3.2.2 Sección pública de la vía

Área donde se ubican los elementos públicos requeridos para los diferentes tipos de movilidad en la ciudad (vehicular, peatonal, transporte público, de bicicletas), con sus áreas de transición o protección, de regulación y direccionamiento de flujos y de amoblamiento urbano requerido para todos los actores que se desenvuelven en la vía pública. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, p.114).

3.2.3 Faja real de la vía

Es la sección total de faja de terreno que garantiza el alineamiento horizontal y vertical del proyecto. Para el caso de terrenos ondulados o montañosos, donde la pendiente transversal sea apreciable, deberá considerarse un aumento de la sección pública, para prever la conformación de taludes, llenos, sobreeanchos en curvas, y futuras ampliaciones que se tengan proyectadas sobre las zonas verdes en talud; en este caso, podrá exigirse un retiro adicional o antejardín de dimensiones superiores a las especificadas en las secciones mínimas de cada jerarquía vial. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, p.114).

3.2.4 Calzada

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos o más carriles, y uno o dos sentidos de circulación. Se entiende por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.



Figura 3.10. Calzada.

Nota: Google Maps. (2019). Av. Las Vegas: Envigado, Antioquia. <https://bit.ly/3arzABI>

El ancho de la vía está definido en un tramo recto del alineamiento horizontal. Cuando se trata de tramos curvos el ancho puede aumentar y el exceso requerido se denomina sobreancho. El ancho de la calzada está determinado por el ancho y número de carriles. El ancho de la calzada es función de la categoría de la vía, de la Velocidad de diseño, del sentido de circulación. Tanto el ancho como el número de carriles se definen por medio de un análisis de capacidad y niveles de servicio. Los anchos de carril más usuales son: 3.00m, 3.25m 3.30m, 3.50m. El ancho mínimo de carril debe ser 3.00m.

En vías de una sola calzada el ancho mínimo de ésta debe ser de 6 m con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario. El ancho mínimo recomendable de una vía de un solo carril unidireccional es 5.00 m. Se ha evidenciado que hasta 4.50 m es funcional pero siempre se deben prever medidas excepcionales como el paso de un vehículo de emergencia o el estacionamiento de un vehículo por avería y que los demás deban sobrepasarlo.

Si por algún motivo no se pueden cumplir los anchos de los carriles según su clasificación, el ingeniero encargado del diseño podrá justificar el empleo de valores excepcionales atendiendo aspectos sociales, económicos, físicos, geográficos e inclusive institucionales, mediante un estudio de movilidad y la entidad de planeación urbana deberá avalarlo.

A continuación, se muestra una tabla con el ancho de carriles recomendado según los entes de planeación de las principales ciudades. El ancho mínimo de carril para tránsito particular es de 3.00 m, de 3.2m para transporte público colectivo y 3.50 m para transporte masivo tipo BRT (no incluye tachones de separación).

Tabla 3.1 Ancho de carril

CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS	ANCHO RECOMENDABLE (m)
De servicio	3.00
Colectora	3.30
Colectora con transporte público	3.50
Arteria	3.50
Arteria con transporte público	3.50

Consideraciones:

- Los anchos son considerados en tramos rectos
- Si el porcentaje de vehículos pesados excede el 10% el ancho mínimo es 3.25 metros
- Si el carril es único, como por ejemplo para el caso de accesos o salidas, entonces deberá adicionarse dos metros al ancho mínimo

TRANSICIÓN DE ANCHOS DE CALZADA

Una transición en el ancho de calzada puede presentarse por variación del número de carriles, variación del ancho de carril en recta o transición a zonas con sobreaancho. Cuando se efectuó una transición debe hacerse de forma normalizada, segura, cómoda, estética y funcional; además se debe tener en cuenta la longitud de transición y la variación del ancho.

- Variación del número de carriles: se debe determinar la longitud de transición en función de la velocidad de diseño. Esta situación es típica en zonas de convergencia y divergencia.

Tabla 3.2 Longitud de transición en reducción y adición de carriles

Nota: Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Desarrollo Urbano y Universidad Nacional de Colombia. (2018). Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C.

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA ZONA DE REDUCCIÓN TRANSICIÓN (km/h)	LONGITUD DE TRANSICIÓN MÍNIMA (m)*
<=50	45
60	55
70	60
80	65

* Esta longitud es válida cuando la transición implica un cambio en el ancho de la sección transversal igual al ancho del carril que se elimina o se agrega

- Variación del ancho de carril en recta: La longitud de transición deberá ser tal que se garanticen deflexiones de la transición iguales o menores a 2°. Los vértices serán PQ del alineamiento.
- Transición a zonas con sobreaancho: Se diseña con la trayectoria del vehículo de diseño y el eje se presenta por el borde que se ajuste a la trayectoria vehicular.
- Se debe de indicar la variación en el ancho con la señal preventiva correspondiente.



Figura 3.11. Señales preventivas de reducción de calzada.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.148.



Figura 3.12. Señales preventivas de ensanchamiento de calzada.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.148.

3.2.5 Banca

Es la superficie generada por la explanación del sitio en la cual van ubicados todos los elementos de la sección transversal. La banca puede ser en corte o en lleno.



Figura 3.13. Banca en excavación



Figura 3.14. Banca en terraplén

3.2.6 Corona

Superficie de la vía comprendida entre los bordes externos de las bermas (para autopistas urbanas). En las demás es la misma calzada.



Figura 3.15. Corona.

Nota: Google Maps. (2019). Ayurá, Itagüí, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3qCapTy>

3.2.7 Berma

Este elemento sólo se diseña para autopistas urbanas, en el resto no se considera. Las bermas son las fajas longitudinales contiguas a uno o ambos lados de la calzada. Las bermas deben ser la continuación del nivel de la calzada, por seguridad vial no se recomienda que estén más bajo que esta. Lo ideal es que la calzada

y las bermas conformen un único elemento y solo estén separadas por la línea de borde de calzada. Este tipo de construcción brinda una mayor seguridad al conductor

Las funciones principales de la berma son:

- Tener el suficiente espacio, fuera de la calzada de circulación, para que los vehículos, por razones de emergencia, puedan salir de la corriente normal del tráfico sin causar perjuicio en el nivel de operación de la vía.
- Brinda seguridad al usuario.
- Estacionamiento provisional, especialmente en caso de avería del vehículo.
- Mejorar la visibilidad en los tramos en curva.
- Facilitar los trabajos de mantenimiento.
- Separar los obstáculos del borde de la calzada.
- Facilita el tránsito de peatones. Esto solo sucede si no existe la presencia de andén. Se puede presentar en intercambios a desnivel.
- Permite la circulación esporádica de ciclistas. Esto solo sucede si no existe la presencia ciclorruta. Por ley los ciclistas pueden ir en el carril tradicional, pero muchos usuarios de la bicicleta prefieren esta zona especialmente en vías arterias donde hay más velocidad de los vehículos motorizados y más presencia de vehículos pesados.

Desde el punto de vista operacional incrementa la capacidad de la vía al actuar psicológicamente sobre los conductores. En los manuales de capacidad se considera la berma como factor para su cálculo.

El ancho de las bermas está definido básicamente por el volumen de tránsito y del nivel de servicio de la vía. Varía entre 0.50m y 2.50m



Figura 3.16. Berma.

Nota: Google Maps. (2019). Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3k2Efoi>

3.2.8 Bombeo

Es la pendiente transversal de la corona en los tramos rectos del alineamiento horizontal hacia uno u otro lado del eje para evacuar las aguas lluvias de la vía y evitar el fenómeno de hidroplaneo. El bombeo apropiado debe permitir un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad e inseguridad.

En la intersección de una vía secundaria con una de mayor jerarquía, la vía secundaria debe acomodarse al perfil de la vía principal, la cual conserva su sección transversal normal a lo largo de la intersección. Se debe diseñar el correspondiente empalme. En las intersecciones la pendiente de las secciones transversales urbanas presenta condicionamientos altimétricos especiales para los bordes de las vías debido a la obligación de producir empalmes coherentes y estéticos con los demás elementos urbanos. Debido a esto no siempre se tendrá un valor establecido para el bombeo o el peralte, sino que será de acuerdo al empalme.

Su valor depende del tipo de superficie de rodamiento. El valor representativo es 2%. Para superficies en afirmado como en corregimientos o veredas se debe usar el 3%.

Cuando las calzadas tengan más de dos carriles, el eje de diseño debe localizarse por una de las líneas de demarcación de carril y drenar de la siguiente manera: para 3 carriles, 2 hacia un costado y 1 hacia el otro, para 4 carriles, 2-2 y para 5 carriles 3-2.

En la Figura 3.17 se muestran los diferentes tipos de bombeo, para una y dos calzadas y con diferentes puntos de giro.

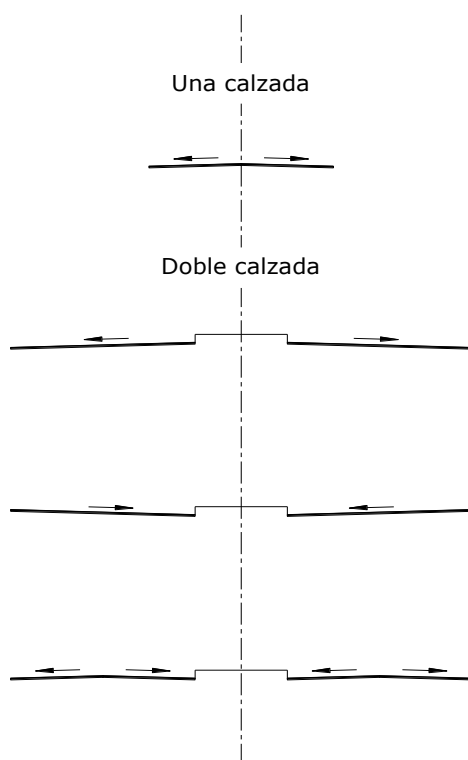


Figura 3.17. Bombeo.

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2020, Universidad EAFIT.

3.2.9 Peralte

Es la pendiente transversal que se le da a la calzada en tramos curvos con el fin de contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga y evitar que los vehículos se salgan de la vía. El valor del peralte depende básicamente de radio de la curva. Ver ampliación en la sección 4.7.

3.2.10 Transición del bombeo al peralte

Es el tramo del alineamiento horizontal requerido para pasar de una sección en tramo recto, con pendiente transversal equivalente al bombeo, a otra en tramo curvo, donde se requiere una pendiente transversal equivalente al peralte. Este cambio se debe realizar en una longitud tal que sea cómoda y segura. Cuando se trata de una vía con curvas espirales, esta transición se realiza dentro de la misma espiral, mientras que, en vías con curvas circulares simples, la transición del peralte puede efectuarse totalmente sobre las tangentes contiguas a la curva o también parte en las tangentes y parte sobre la curva circular.

3.2.11 Cunetas y sumideros

Son zanjas abiertas, longitudinales y revestidas, que tienen la función de recoger y canalizar las aguas superficiales y de infiltración y conducir las hasta un punto de fácil evacuación. Las dimensiones de una cuneta se deducen de cálculos hidrológicos e hidráulicos que tienen en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada, material y forma de la cuneta, etc. Por motivos de seguridad vial, método constructivo y limpieza de la cuneta se usan las cunetas triangulares. La inclinación de la cuneta hacia el lado de la berma debe ser relativamente suave, y hacia el lado del talud o paramento es más inclinada.

No son tan comunes en áreas urbanas ya que se tienen muchas restricciones de espacio. En vías urbanas normalmente el agua corre a borde de vía por los bordillos hasta un sumidero. El sumidero puede estar a nivel de vía (generalmente en una esquina o cambio de dirección) o verticalmente dentro del bordillo sea en un separador o andén. Este último es el más recomendable ya que evita que los vehículos puedan tener algún incidente al pasar por encima de ellos, y se evita su traslado cuando hay una reconfiguración de vía.

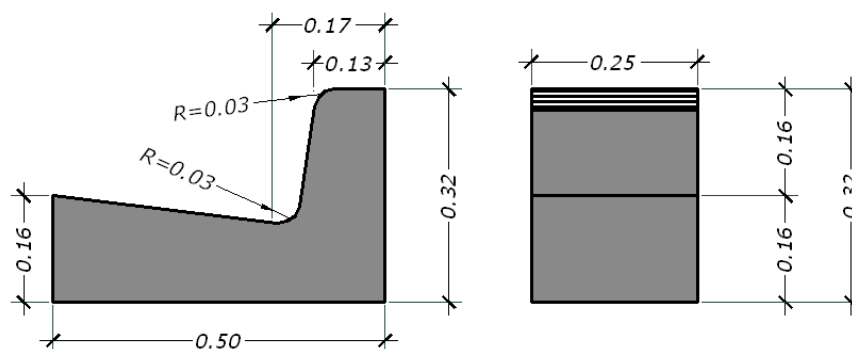


Figura 3.18. Sección Transversal de una cuneta urbana.

Nota: Decreto 0113/2017.

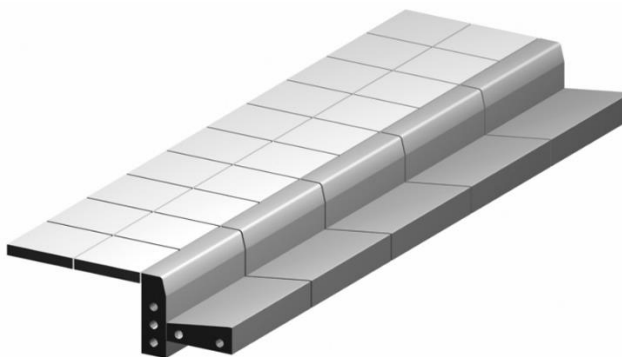


Figura 3.19. Esquema de una cuneta urbana.

Nota: Decreto 0113/2017.

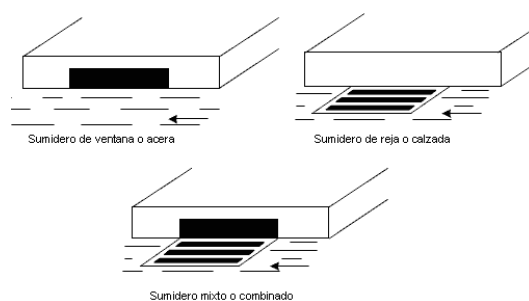


Figura 3.20. Tipos de Sumideros.

Nota: Eddyhrbs. (s.f.). Ingeniería civil. <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/11/calculo-hidraulico-de-sumideros.html>



Figura 3.21. Sumideros.

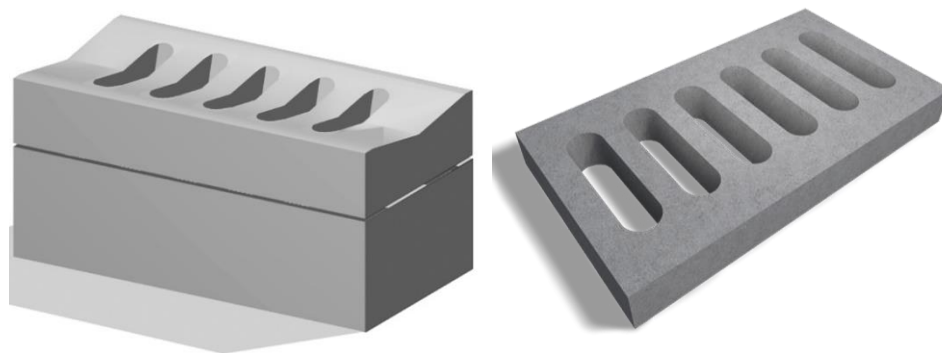


Figura 3.22. Rejillas para los sumideros.

Nota: Decreto 0113/2017.

3.2.12 Taludes

Los taludes son los planos laterales que delimitan una explanación. La inclinación de un talud se mide por la tangente del ángulo que forman tales planos con la vertical, en cada sección de la vía, y se designa en tanto por uno, donde la unidad es en el sentido vertical; por ejemplo, un corte 1: $\frac{1}{2}$ es un talud de 1 m vertical por 0.50 metros horizontal. Los taludes se deben diseñar de acuerdo con los lineamientos presentados en el “Manual de Estabilidad de Taludes” del Instituto Nacional de Vías, analizando las condiciones específicas del lugar, en relación con los aspectos geológico – geotécnicos, facilidades de mantenimiento, perfilado y estética. Se debe hacer un análisis detallado de las características geológicas y geotécnicas de la zona, además del manejo de las obras de drenaje y posteriores coberturas vegetales. En vías urbanas es común el uso de muros de contención debido a que requieren un menor espacio, igualmente se deben considerar aspectos urbanísticos, de accesibilidad, seguridad vial, obras de drenaje, entre otros.

En la Figura 3.23 se muestran diferentes tipos de taludes según el terreno y el tratamiento que se le deba dar al talud.

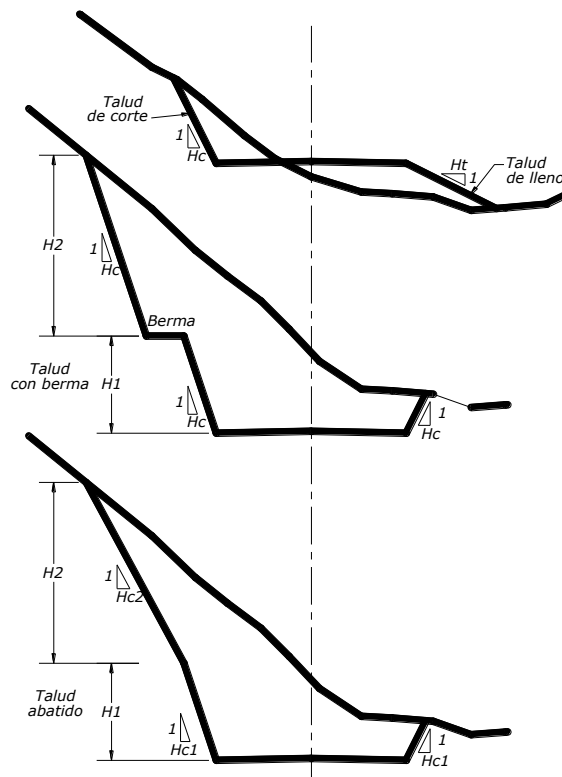


Figura 3.23. Tipos de taludes: media ladera, con terraza, abatido.

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2020, Universidad EAFIT.

En el primer esquema se tiene un talud a media ladera, en la cual una parte de la intervención queda en corte y otra en lleno. Ambos taludes son de poca altura y poca intervención en materia predial (línea de chaflanes). Para taludes de alturas más considerables se tiene la opción de estabilizarlos por medio de terrazas (esquema 2) o abatiendo el talud a partir de cierta altura e inclinándolo un poco más el ángulo de este (esquema 3); la opción de cuál sea más pertinente en cada estabilización estará a consideración del ingeniero geotecnista. En la Figura 3.24 se muestra un ejemplo de un talud de una vía urbana con terrazas y además con tratamientos de estabilización como el concreto lanzado.



Figura 3.24. Talud.

Nota: Google Maps. (2019). Av. Las Palmas: Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3pxVXuv>

3.2.13 Línea de chaflanes

Es la representación en planta de los bordes de la explanación. Esta línea indica hasta dónde se extiende lateralmente el movimiento de tierras por causa de los cortes o de los terraplenes. La línea de chaflanes determina la necesidad de compras adicionales de predios y la identificación preliminar de requerimientos de estructuras de contención.

3.2.14 Separador

Son áreas, generalmente zonas verdes o en concreto, ubicadas entre calzadas y de forma paralela a estas. Su finalidad es la de independizar el tránsito entre calzadas contiguas. El separador central separa direcciones opuestas de tránsito y los separadores laterales separan calzadas destinadas al mismo sentido del tránsito.

Sus principales funciones son:

- Evitar las interferencias con el tránsito que circula en sentido contrario.
- Crear zonas de giro a la izquierda (bahías).
- Minimizar el encandilamiento de las luces de los vehículos en sentido opuesto.
- Crear zonas para futuros ensanches.
- Crear zonas para la recuperación de vehículos que han perdido momentáneamente el control.
- Construir retornos.
- Brindar mayor seguridad.
- Desarrollar proyectos paisajísticos brindando una mejor estética.
- Ubicación de señalización y alumbrado público.

El ancho del separador es muy variable y depende de varios factores como el tipo de vía, volúmenes de vehículos, composición vehicular de la vía, restricciones de espacio. Incluso en una misma vía el separador puede ser de ancho variable dependiendo los predios por donde se vaya pasando. El ancho mínimo

recomendable es de 1.0 m, pero se ha evidenciado que en zonas de espacio demasiado reducido se permite hasta 0.60m. Estos anchos mínimos son teniendo en cuenta que sólo sirvan para dividir flujos vehiculares, no obstante, dependiendo los usos adicionales del separador su ancho mínimo puede variar: Si el separador sirve de refugio peatonal, el ancho mínimo es de 2.0 m, si se habilita bahía de giro izquierdo en Intersecciones semaforizadas el separador debe tener un ancho mínimo de 4.50 m para garantizar un carril de giro de 3.50 m y un separador de 1.0 m., si el separador incluye estaciones de transporte masivo el separador debe tener un ancho mínimo de 5.0 m para estaciones con ascenso y descenso en los dos sentidos, o de 3.5 m para ascenso y descenso por un solo costado. No existe un valor máximo de separador, no obstante, los valores típicos de un límite superior son de 4.0 m a 5.0 m, esto en tramos rectos o muy homogéneos. En retornos el ancho del separador es variable y depende del diseño geométrico. Cabe resaltar que este ancho debe tener en cuenta las variables anteriormente mencionadas y la aprobación de la entidad competente.

Cuando se tiene un separador central en una intersección, la punta del separador no se debe de proyectar más allá de la línea de borde de calzada de la vía que pasa perpendicular, debe estar 1.0 m antes de la zona antibloqueo. En lo posible se deben evitar las aberturas en el separador central; en caso de requerirse no deben ir al frente de vías sin salida, vías locales, accesos a estaciones de servicio, entradas de edificios y demás.

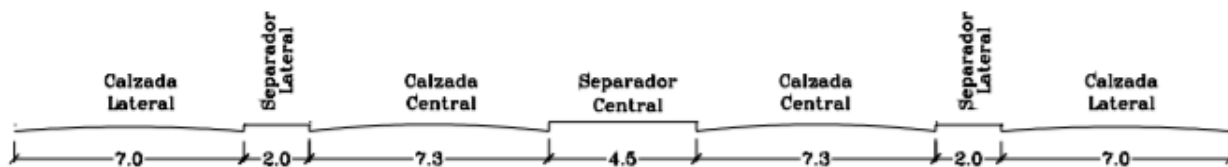


Figura 3.25. Separador central y lateral.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías.*

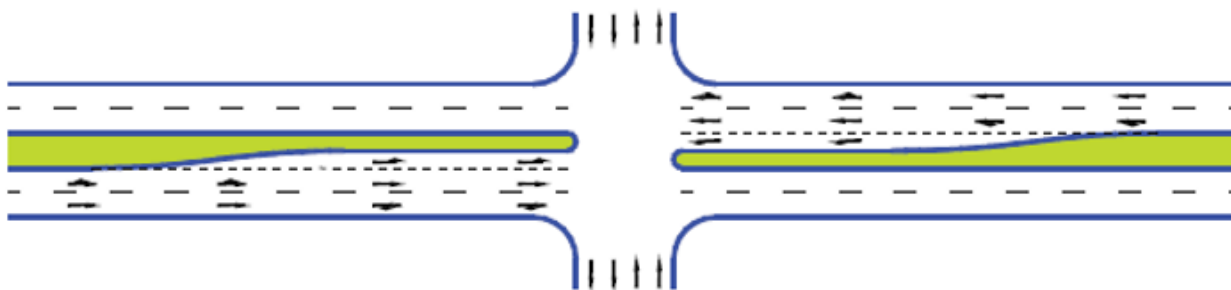


Figura 3.26. Separador con giro izquierdo incluido.

Nota: Manual de Vialidad Urbana. Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana.2009.

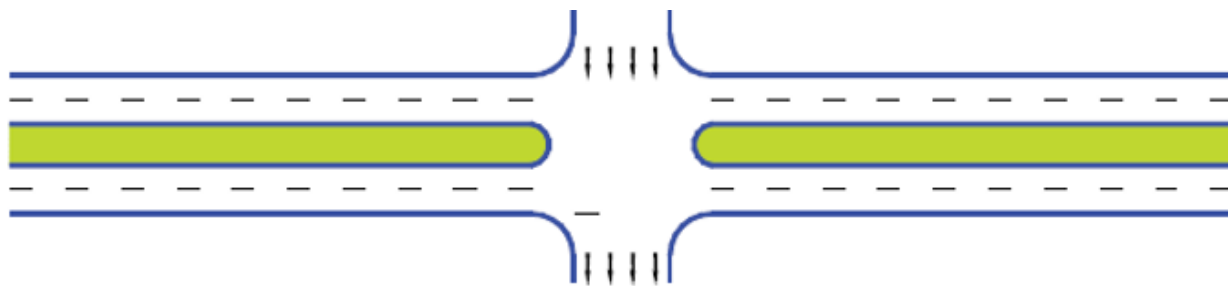


Figura 3.27. Separador sin giro izquierdo incluido.

Nota: Manual de Vialidad Urbana. Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana.2009

En las intersecciones la abertura del separador es función del ancho.

Tabla 3.3 Abertura del separador (l) en función del ancho (w)

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

W (m)	1.20	1.80	2.40	3.00	4.60	>6.00
L (m)	23.00	20.00	18.00	17.00	15.00	14.00

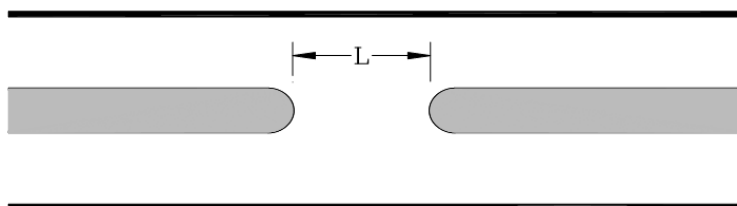


Figura 3.28. Abertura del separador.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

3.2.15 Bordillo

También llamado sardinel o cordón. Es una estructura que sobresale verticalmente en los bordes de la vía. se emplean principalmente para orientar el tránsito, encausar las aguas, delimitar andenes

Existen diversos tipos de bordillos dependiendo de sus materiales, de su fabricación y disposición, y su forma.

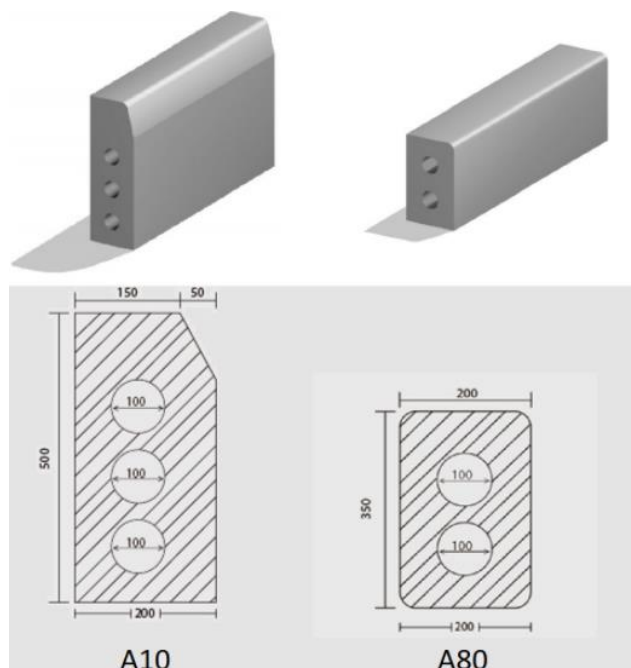


Figura 3.29. Bordillo.

Nota: Concretodo, ©ACSI S.A.S. Recuperado de <https://www.concretodo.com.co/Infraestructura.php>

3.2.16 Andenes y senderos peatonales

Es la faja longitudinal ubicada a los costados de la vía destinada para uso peatonal. En algunos casos excepcionales puede servir a la movilidad de personas en vehículos no motorizados. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, p.114).

Los andenes que se adecuen, deben cumplir con las disposiciones de accesibilidad y circulación para personas con movilidad reducida. El gálibo vertical mínimo que se deberá tener en zonas de circulación peatonal es de 2.50 m, de manera que se evite el encajonamiento. La pendiente transversal máxima permitida en los andenes debe ser de 2%; esto en cumplimiento de la NTC 4279.

3.2.16.1 Elementos

- a) Franja de circulación peatonal: Siempre debe dejarse una franja de circulación peatonal con ancho mínimo de 1.50 m para vías existentes y vías privadas o internas, y de 2.00 m para nuevas intervenciones, y deben estar acondicionados para el paso de todos los usuarios, es decir, deben ser inclusivos y estar libres de obstáculos. La elevación respecto de la vía adyacente debe estar entre 0.10 m – 0.20 m. En el caso de desniveles entre andén y calzada mayores a 0.30 m se deberá instalar una baranda de altura entre 0.90 m y 1.00 m.

La franja de circulación peatonal podrá ser utilizada por vehículos no motorizados, garantizando la señalización horizontal y vertical, que indique al otro usuario la disminución de la velocidad y la prelación del peatón sobre este. Las franjas de circulación de los corredores del sistema de transporte masivo o de mediana capacidad deben tener una sección mínima de 4.00 m. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, pp.114-116).

- b) Franja de amoblamiento o zona verde: Faja lineal localizada entre la franja de circulación vehicular y la peatonal y entre esta y la ciclorruta, si existe, donde normalmente, se ubican los elementos urbanos que brindarán confort y seguridad dentro de la vía: la arborización, el amoblamiento

urbano, la señalización vertical, el alumbrado público, la semaforización y los elementos de infraestructura de servicios públicos, seguridad y tránsito, siempre y cuando, la sección de la franja lo permita. En caso de que el espacio no permita la construcción de esta franja se debe considerar la ampliación de la franja de circulación para que asuma los requerimientos de la instalación de amoblamiento básico. El ancho mínimo de esta franja es de 1.50 m para vías nuevas. En caso de ser una vía existente, en una zona con un urbanismo consolidado, con restricciones de mejoramiento del ancho de la sección, el ancho mínimo es de 0.50 m. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, pp.114-116).

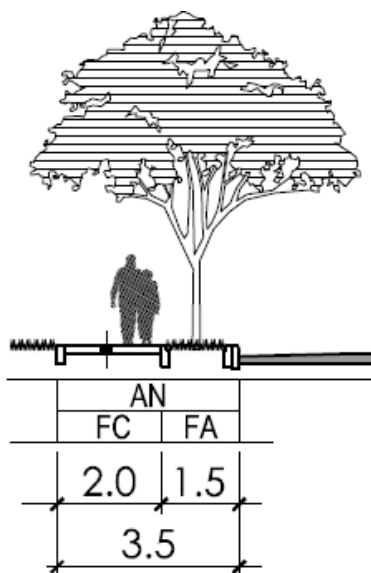


Figura 3.30. Perfil de un andén.

Nota: Decreto 0113/2017.

3.2.16.2 Materiales

La superficie de los andenes y de las áreas a utilizar por peatones, tales como separadores para cruce de vías, deberá ser construida con materiales antideslizantes, durables, sencillos de utilizar y seguros para todo tipo de usuarios. Es importante mencionar que los materiales no deben tener alta rugosidad, de tal manera que se evite la producción de vibraciones en las sillas de ruedas de las personas en situación de discapacidad.

Cuando en los andenes se requieran juntas de construcción, estas no deben impedir el desplazamiento de las personas que utilicen silla de ruedas

La franja de circulación peatonal deberá incluir una franja táctil guía de mínimo 0.20 m de lado (0.20m x 0.20 m) que permita la cómoda circulación de personas invidentes o con baja visión. Dicha franja deberá tener un color y textura diferente al resto de la superficie de la franja de circulación, que genere un contraste visual y permita que las personas con baja visión reconozcan la franja y puedan circular de manera segura. La trayectoria de la franja táctil guía deberá ser lineal, paralela a la vía y tener la menor cantidad de interrupciones y cambios de dirección posibles. Las franjas táctiles deberán construirse de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 5610.



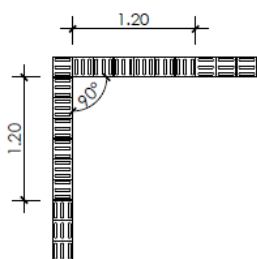
Figura 3.31. Losetas para franja táctil guía.

Nota: Loseta que indica alerta (izquierda), loseta que indica la dirección o cambio de ella (derecha).
Decreto 0113/2017.

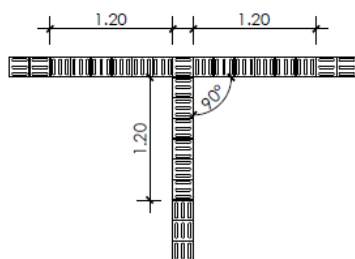
3.2.16.3 Disposición de las franjas táctiles de guía

Cuando dos franjas táctiles guía se encuentren, el sentido de las tabletas deberá cambiarse de alineado con respecto al sentido de circulación a transversal. Esto debe ejecutarse antes del encuentro con la franja del otro lado, a lo largo de un tramo cercano, pero que no supere 1.20 m. En el punto de intersección debe disponerse una unidad alineada con el andén o vía de mayor importancia. En la Figura 3.32 se muestran algunos ejemplos de cómo se debe hacer la adecuada disposición de estas franjas. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, pp.114-116).

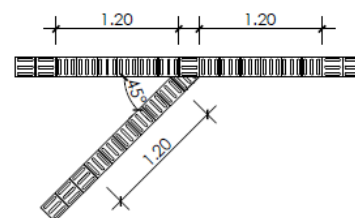
Esquina



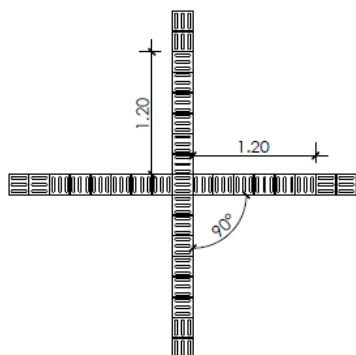
En "T"



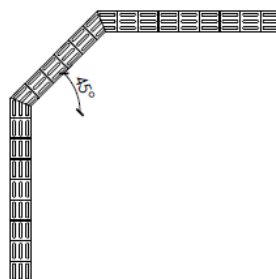
En "Y" con ángulo de 45°



En cruz



Curva



En "Y" con ángulo de 120°

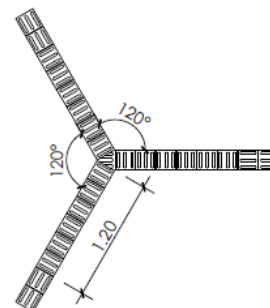


Figura 3.32. Disposición de las franjas táctiles de guía.

Nota: Loseta que indica alerta (izquierda), loseta que indica la dirección o cambio de ella (derecha).
Decreto 0113/2017.

En la Figura 3.33 se muestra la disposición en planta de todos los elementos que se deben tener en cuenta en la implementación de un andén según el Manual de Espacio Público de Medellín. (Decreto 0113 de 2017). En la Figura 3.34 se muestra un ejemplo en la ciudad de Medellín de un andén acondicionado según lo establece el Manual de Espacio Público.

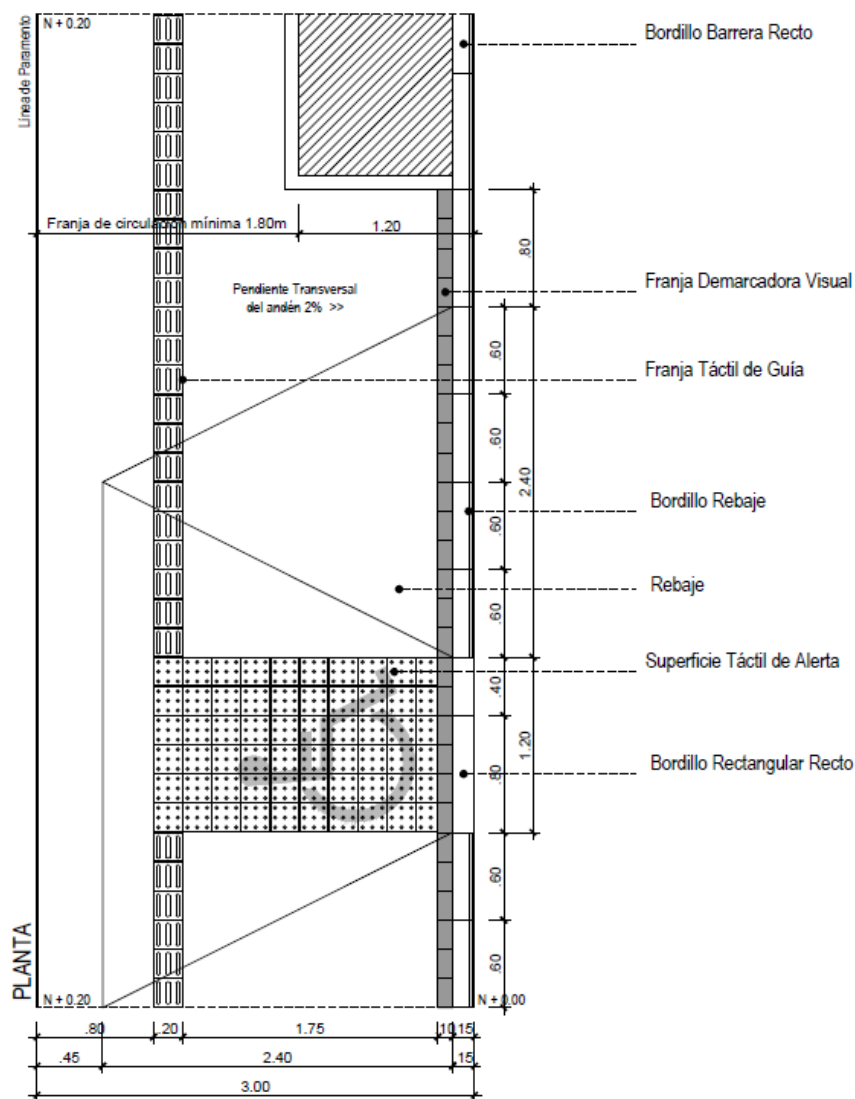


Figura 3.33. Esquema en planta de la franja táctil de guía.

Nota: Loseta que indica alerta (izquierda), loseta que indica la dirección o cambio de ella (derecha).
Decreto 0113/2017.



Figura 3.34. Ejemplo de implementación de la franja táctil de guía.

Nota: Google Maps. (2019). Calle 30A, Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3uWVB4I>

3.2.17 Antejardín

Área del perfil vial urbano, afectada al espacio público, de propiedad privada, ubicada entre los paramentos o fachadas de los predios y el borde interno del andén. En áreas residenciales debe estar engramado o con cobertura vegetal, en las demás puede permitirse la integración del antejardín al andén con piso duro, con la finalidad de ampliar la zona de movilidad peatonal previa autorización de la entidad encargada de planeación. Esta zona no podrá ser ocupada con almacenamiento de mercancías, parqueo de vehículos, parrillas, asaderos, parlantes, vitrinas, módulos de ventas y similares. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, p.116).



Figura 3.35. Antejardín, andén (ambas franjas) y calzada.

Nota Google Maps. (2019). Laureles, Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3u4JORg>

3.2.18 Cicloinfraestructura

Es una franja de la sección vial para la circulación de bicicletas. Las ciclorrutas podrán ser segregadas del tránsito mixto o podrán compartir calzada con este. El diseño de la ciclorruta deberá acogerse a lo establecido en las fichas, definiciones y lineamientos del Manual de Espacio Público (MEP) de cada ciudad y a la Guía de Cicloinfraestructura del Ministerio de Transporte 2015. Ver ampliación de este elemento de la sección vial en el capítulo 7.



Figura 3.36. Ciclorruta en el separador, calzada, y andén (ambas franjas).

Nota: Google Maps. (2019). Av. Las Vegas: Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3sckaIN>



Figura 3.37. Ciclorruta en el costado izquierdo, calzada, y andén (con paraderos).

Nota: Google Maps. (2019). Medellín, Antioquia. Recuperado de <https://bit.ly/3133JCK>

4. DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1 CRITERIOS DE DISEÑO

4.1.1 Seguridad

La seguridad de la vía debe ser la premisa más importante en el diseño geométrico. Se debe obtener un diseño simple y uniforme, exento de sorpresas, fácil de entender para el usuario y que no genere dudas en este. Se debe dotar a la vía de la suficiente visibilidad, principalmente la de parada y de una buena y apropiada señalización, la cual debe ser ubicada antes de darse al servicio la vía. (Agudelo, 2002, p.54).

4.1.2 Comodidad

Es otro factor importante ya que se requiere que el usuario se sienta placentero en la vía y la disfrute, de lo contrario podría generar situaciones de inseguridad. Está relacionada directamente con la seguridad, debido a que un usuario que se sienta cómodo en la vía conduce de forma segura. La comodidad se genera al obtener diseños simples y uniformes ya que esto disminuye los cambios de velocidad, aceleraciones y desaceleraciones. (Agudelo, 2002, p.55).

4.1.3 Funcionalidad

La funcionalidad la determina el tipo de vía, sus características físicas, como la capacidad, el nivel de servicio y las propiedades del tránsito como son el volumen y su composición vehicular. (Agudelo, 2002, p.55).

4.1.4 Entorno

Se debe tener en cuenta el uso del suelo, este está determinado en el POT o PBOT de cada ciudad Se debe procurar minimizar al máximo el impacto social, económico y cultural que genera la construcción de una vía. Se debe buscar la mayor adaptación física posible a la topografía existente y el menor impacto a los predios existentes. (Agudelo, 2002, p.55).

4.1.5 Economía

Hay que tener en cuenta tanto el costo de construcción como el costo del mantenimiento. Se debe buscar el menor costo posible, pero sin entrar en detrimento de los demás objetivos o criterios, es decir buscar un equilibrio entre los aspectos económicos, técnicos y sociales del proyecto. Es importante analizar el tema de mantenimiento ya que es un aspecto clave en la economía de los municipios y en el manejo de tráfico vehicular. Se debe velar por ejecutar una vía con buenas especificaciones desde un principio y evitar entorpecer el tráfico con cierres rutinarios y preventivos y generar gastos de los municipios que muchas veces no son justificables técnicamente. (Agudelo, 2002, pp.55-56).

4.1.6 Estética

Se debe buscar una armonía de la vía con respecto a dos puntos de vista, el exterior o estático y el interior o dinámico. El estático se refiere a la adaptación de la vía con el entorno, mientras que el dinámico se refiere a lo agradable que sea la vía para el conductor. El diseño debe de ser de tal forma que no produzca fatiga o distracción al conductor con el fin de evitar posibles accidentes. (Agudelo, 2002, p.56).

4.1.7 Elasticidad

Este criterio está íntimamente relacionado al POT y las entidades de planeación territorial. Al momento de diseñar y construir una vía se deben prever posibles ampliaciones futuras y la integración con otras

vías. Además, se debe pensar en la posibilidad de tener la flexibilidad modal, es decir, tener en cuenta que no solo será usada por vehículos motorizados, sino que podrá tener transporte público colectivo (BRT), tranvías, ciclistas, etc. (Agudelo, 2002, p.56).

4.2 FACTORES DE DISEÑO

EXTERNOS	INTERNOS
<ul style="list-style-type: none"> • Las características físicas y ambientales (Topografía, geología, clima, hidrología). • El volumen y características del tránsito actual y futuro. Incluidos peatones y ciclistas. • Los recursos económicos para su diseño, construcción y mantenimiento. • Los desarrollos urbanísticos existentes y previstos en la zona de influencia. • Los parámetros socioeconómicos del área de influencia (uso de la tierra, empleo, producción) 	<ul style="list-style-type: none"> • Las velocidades a tener en cuenta • Las características de los vehículos • Los efectos operacionales de la geometría • Las características del tráfico • Las capacidades de las vías • Las aptitudes y comportamiento de los conductores • Las restricciones a los accesos • Seguridad vial

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. pp.56-58.

4.3 TRAZADO

Inicialmente se debe recopilar toda la información disponible necesaria para hacer el mejor trazado. En vías urbanas no son muchas las alternativas que se puedan tener de una vía debido a la restricción de espacio, por ende, se puede omitir el paso del trazado de la línea de ceros, sin embargo, es necesario analizar cualquier variación que pueda optimizar el diseño. Como insumos esenciales se debe tener una topografía de detalle, el conocimiento del uso del suelo, y estudio del tránsito. En el trazado se deben tener cuenta algunos puntos de control como acceso a predios, construcciones existentes, empalmes y cruces con otras vías, redes de servicio público, pendientes máximas, cruces de cuerpos de agua, elementos geológicos a evitar. La finalidad es desarrollar la solución óptima en términos económicos, técnicos, estéticos, ambientales y sociales.

En el proceso de trazado y diseño de una vía, es importante tener clara la relación que tiene la vía a intervenir con las otras vías de la ciudad, así como con los demás elementos urbanos, tales como equipamientos. Se debe tener en cuenta si hace parte de un proyecto vial o si ya se tiene un prediseño de esta según diferentes proyectos que se tengan en las oficinas de Planeación Territorial de cada ciudad.

4.4 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Está constituido por una serie de líneas rectas, enlazados por curvas circulares o curvas de grado de curvatura variable de modo que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa. (Agudelo, 2002, p.135).

El alineamiento horizontal es una proyección sobre un plano horizontal en el cual la vía está representada por su eje y por los bordes izquierdo y derecho. El eje es la línea imaginaria que puede ir por el centro o por uno de los bordes. Para vías de varias calzadas debe existir un eje de diseño por calzada; no se recomienda que el eje de diseño vaya por el separador. (Agudelo, 2002, p.137).

4.4.1 Curva circular

Serie de arcos circulares cuyo radio varía desde cero metros hasta un valor tal que dicho arco elimine el tramo en tangente correspondiente a la recta más corta. El valor del radio depende de las condiciones del sitio y de la velocidad de diseño. Las curvas circulares presentan una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio. (Agudelo, 2002, p.139).

4.4.1.1 Elementos

PI: Punto de cruce de dos tangentes que forman el empalme.

PC: Punto de inicio del empalme. Corresponde al inicio de la curva.

$$PC = \text{Abscisa PI} - T$$

PT: Punto final del empalme. Corresponde al fin de la curva.

$$PC = PC + L$$

Δ : Ángulo de deflexión en el PI. Definido como aquel que se mide entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior, corresponde al ángulo central de la curva necesaria para entrelazar los dos alineamientos geométricos.

R: Radio del arco circular.

L: Longitud de la curva circular. Longitud de la poligonal inscrita.

$$L = R \Delta \quad \Delta \text{ en radianes}$$

T: Tangente del empalme. Es el segmento PI-PC, que es igual al segmento PI – PT.

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

E: Externa. Es el segmento PI-M. Distancia entre el PI y el punto medio de la curva.

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

CL: Cuerda larga. Distancia en línea recta entre el PC y PT.

$$CL = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

C: Cuerda. Distancia entre dos estaciones consecutivas en la curva. (Cuerda Unitaria)

$$CL = 2R \sin \frac{G}{2}$$

G: Grado de curvatura. Ángulo central subtendido por una cuerda.

$$G = \frac{S \times 180}{\pi \times R} \quad \circ \quad G = \frac{\Delta \times S}{L}$$

S: Longitud del arco correspondiente a un grado de curvatura. (Arco unitario)

F: Flecha. Distancia entre el punto medio de la cuerda larga y el punto medio de la curvatura.

$$F = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

(Agudelo, 2002, pp. 139- 145).

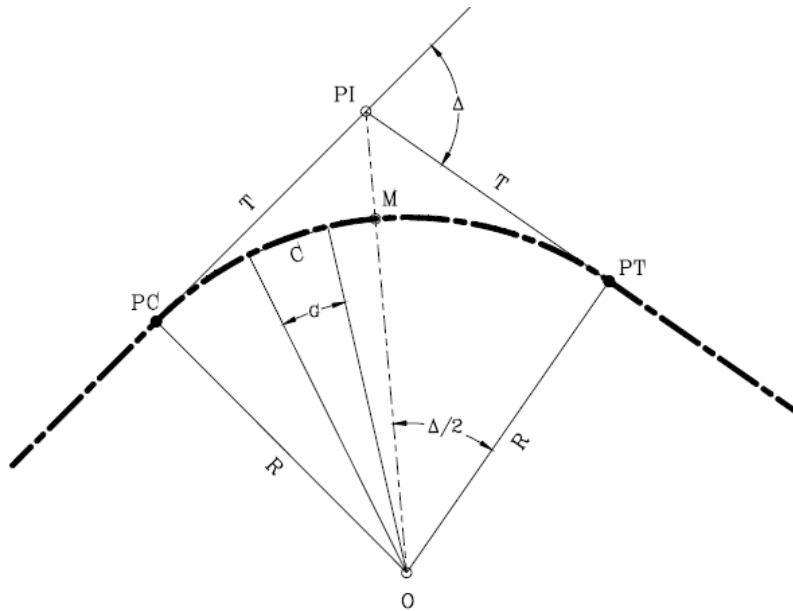


Figura 4.1. Elementos de la curva circular. (1)

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

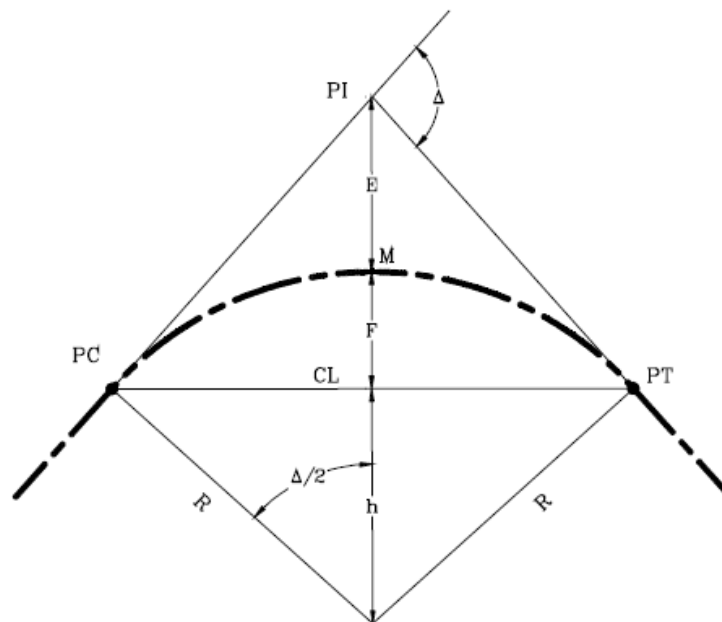


Figura 4.2. Elementos de la curva circular. (2)

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

4.4.2 Curva compuesta

Las curvas compuestas son las que están formadas por dos o más radios, es decir por dos o más curvas circulares simples. Generalmente son usadas en intercambios viales por ejemplo cuando se debe reducir de forma gradual la velocidad al abandonar una vía rápida y tomar otra más lenta o para poder ajustarse al espacio disponible. Son curvas circulares simples continuas del mismo sentido y sin entretangencia entre ellas, es decir que el PT de la primera coincide con el PC de la segunda denominando este punto como PCC. Para el cálculo, localización y presentación de la información se recomienda tratar cada curva de manera independiente. Por otro lado, existe otro método para calcularlas. Dicho método permite hallar las tangentes que comprenden la totalidad de la curva llamadas Tangente de Entrada (TE) y Tangente de Salida (TS), mientras que todos los demás elementos propios de la curva circular simple se calculan de forma independiente utilizando las expresiones ya estudiadas (este método no se detallará). (Agudelo, 2002, p. 179).

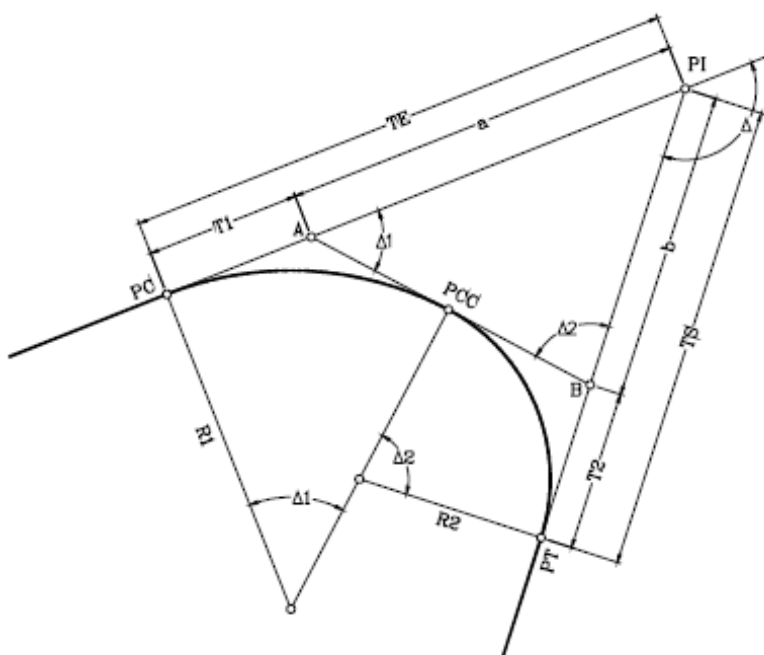


Figura 4.3. Curva compuesta de dos radios

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

4.4.3 Curva espiral

Son curvas que proporcionan una transición o cambio gradual en la curvatura de la vía, desde un tramo recto hasta una curvatura de grado determinado, o viceversa. Mejoran la operación de los vehículos y la comodidad de los pasajeros, por cuanto hacen que varíe en forma gradual y suave, creciente o decreciente, la fuerza centrífuga entre la recta y la curva circular, o viceversa. La idea es obtener una variación gradual desde un radio infinito hasta un radio determinado y así los vehículos puedan hacer mejor la transición mejorando ostensiblemente la comodidad, seguridad y estética en la vía. La longitud de esta espiral debe además servir para una transición de peralte cómoda y segura. Las espirales se usan generalmente en vías principales, donde se presentan velocidades relativamente altas (50 km/h o más). En vías de velocidad menor a 50 km/h no son tan comunes, debido a que no se hace tan necesario el

cambio de curvatura gradual. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.75-79; Agudelo, 2002, pp. 207-210).

4.4.3.1 *Ventajas de una curva espiral*

- Permiten un cambio de curvatura gradual y cómodo entre un elemento con un radio de curvatura infinito (recta) y un elemento con radio de curvatura constante (arco circular). Cuando se emplean sólo líneas y arcos, este cambio se realiza de una manera puntual, lo que ocasiona incomodidad e inseguridad en los conductores.
- Brindan una mejor apariencia a la carretera.
- Incrementan la visibilidad.
- Facilitan el cambio en el ancho de calzada en curvas donde, de acuerdo con su radio principalmente, se requiere un ancho adicional, que se denomina sobreaancho.
- Permiten reemplazar largas tangentes por curvas cómodas y seguras, sin alargar mucho la longitud de la vía y sin afectar la visibilidad.
- Se evita la necesidad de entretangencia entre dos curvas de sentido contrario.
- La flexibilidad de la espiral permite la adaptación del trazado a la topografía.
- Permiten ajustar el trazado de la vía a la trayectoria recorrida por los vehículos en las curvas, evitando que estos invadan el carril contrario. En general, cuando los vehículos circulan por una curva tienden a desplazarse hacia el centro de esta. Si se observa la Figura 4.4, donde se superponen dos curvas con el mismo radio y deflexión, una circular simple y otra circular, pero con espirales de transición a la entrada y a la salida, se tiene que las espirales desplazan la curva circular hacia su centro. El desplazamiento del PC de la curva circular simple con respecto a la prolongación de la curva circular con espirales se denomina disloque.

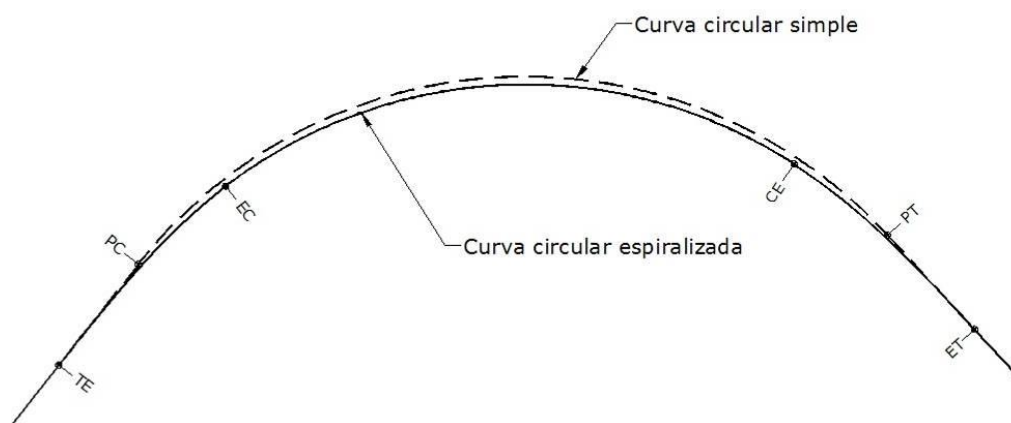


Figura 4.4. Efecto de las curvas de transición sobre la curva circular

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

- Permiten desarrollar la transición del peralte de forma tal que en cualquier punto el valor del peralte corresponda al requerido por la curvatura en ese punto específico. El cambio de pendiente transversal de la calzada entre un tramo recto, es decir el bombeo, y un arco circular, o sea el peralte, debe hacerse de manera gradual y constante, lo que obliga a utilizar una transición. En las curvas circulares simples se produce cierto grado de incomodidad cuando la transición del peralte se realiza en su totalidad por fuera de esta, debido a que en una recta no se requiere

peralte; cuando se desarrolla por dentro, se genera inseguridad debido a que a la entrada y a la salida de la curva se está suministrando un valor de peralte inferior al requerido. Hay que considerar, además, que esta solución en muchas ocasiones no es posible, debido a que la longitud de la curva circular es relativamente corta. Si se combinan las dos soluciones, se genera cierto grado de incomodidad e inseguridad, así sea en menor proporción.

(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.75; Agudelo, 2002, pp. 219-220).

A continuación, se muestra a detalle los tipos de curvas de transición: espiral – circular - espiral y espiral - espiral:

4.4.3.2 *Empalme espiral – círculo – espiral*

Este tipo de curva está compuesto por una espiral de entrada, un arco circular central y una espiral de salida. Normalmente las dos espirales tienen la misma longitud (espiral simétrica), pero en casos especiales pueden ser diferentes (espiral asimétrica).

ELEMENTOS:

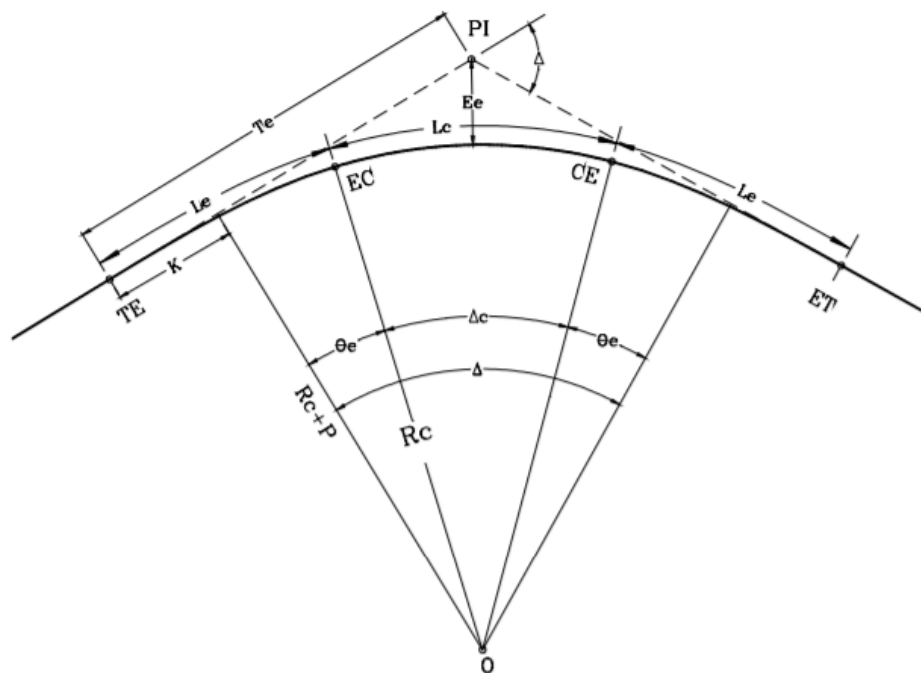


Figura 4.5. Curva espiral – circular - espiral.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.212

TE = Punto de empalme entre la recta y la espiral

EC = Punto de empalme entre la espiral y el arco circular

CE = Punto de empalme entre el arco circular y la espiral

ET = Punto de empalme entre la espiral y la recta

Δ = Deflexión de la curva.

R_c = Radio curva circular

L_e = Longitud curva espiral

θ_e = Delta o deflexión curva espiral

X_c = Coordenada X de la espiral en los puntos EC y CE

Y_c = Coordenada Y de la espiral en los puntos EC y CE

P = Disloque = Desplazamiento del arco circular con respecto a la tangente

K = Abscisa Media. Distancia entre el TE y el punto donde se produce el disloque

T_e = Tangente de la curva. Distancia TE – PI y PI - ET

E_e = Externa

T_l = Tangente larga. Distancia entre TE o ET y P_{Ie}

T_c = Tangente corta. Distancia entre P_{Ie} y EC o CE

C_e = Cuerda larga de la espiral. Línea que une TE con EC y CE con ET

Φ = Angulo de la cuerda larga de la espiral

Δ_c = Deflexión de la curva circular

G = Grado de curvatura circular

L_c = Longitud curva circular

C_c = Cuerda larga circular

(Agudelo, 2002, pp. 212-214).

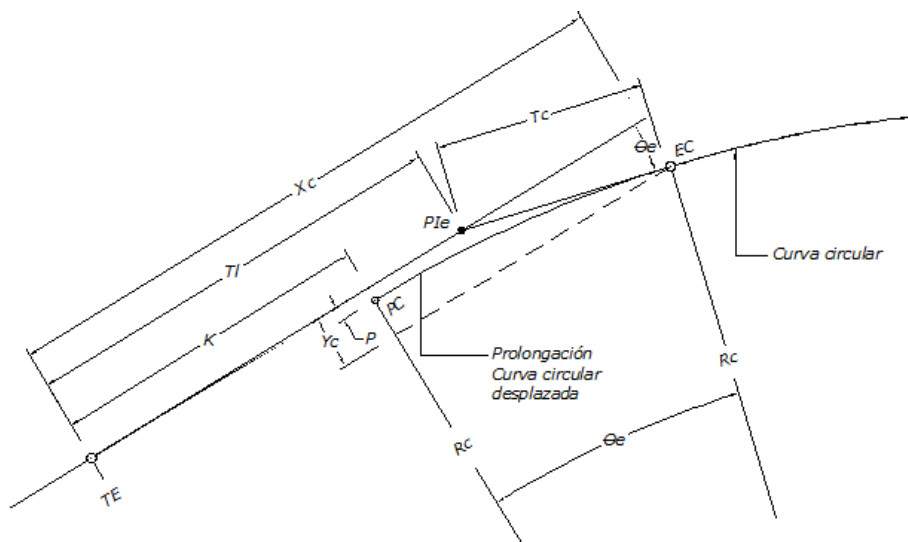


Figura 4.6. Elementos Curva espiral – circular – espiral (1).
Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

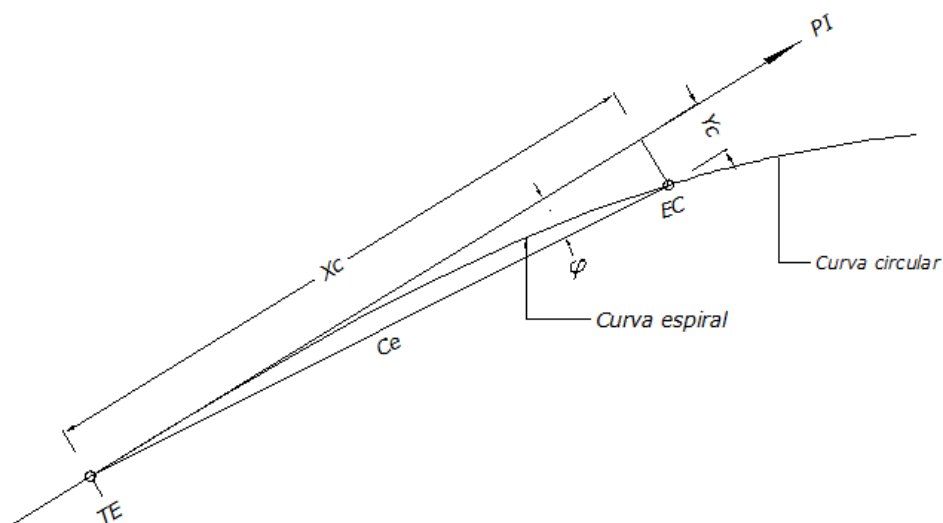


Figura 4.7. Elementos Curva espiral – circular – espiral (2).
 Nota: Agudelo Ospina, J.J. (2002). *Diseño geométrico de vías*.

ECUACIONES DE LA CURVA ESPIRAL – CIRCULAR - ESPIRAL

Para calcular los elementos de una curva Espiral – Circular – Espiral se deben conocer inicialmente tres valores:

- El delta de la curva (Δ) que se puede leer en el terreno, en el plano o en el computador de acuerdo al procedimiento utilizado.
- El radio de la curva circular (R_c) que se define a partir de los mismos parámetros y criterios que el de la curva circular simple.
- La longitud espiral (L_e) cuya longitud mínima se analizará más adelante.

$$A = \sqrt{R_c \cdot L_e}$$

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R_c} \quad , \quad \theta_e \text{ en radianes}$$

$$\theta_e = \frac{90L_e}{\pi R_c} \quad , \quad \theta_e \text{ en grados}$$

$$X_c = L_e \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} \right) \quad , \quad \theta_e \text{ en radianes}$$

$$Yc = Le\left(\frac{\theta e}{3} - \frac{\theta e^3}{42} + \frac{\theta e^5}{1320} - \frac{\theta e^7}{75600}\right) , \quad \theta e \text{ en radianes}$$

$$P = Yc - Rc(1 - \text{Cos}\theta e) , \quad \theta e \text{ en grados}$$

$$K = Xc - Rc.\text{Sen}\theta e , \quad \theta e \text{ en grados}$$

$$Te = K + (Rc + P). \text{Tan}(\Delta/2)$$

$$Ee = \frac{(P+Rc)}{\text{Cos}\Delta/2} - Rc$$

$$Tl = Xc - \frac{Yc}{\text{Tan}\theta e} , \quad \theta e \text{ en grados}$$

$$Tc = \frac{Yc}{\text{Sen}\theta e} , \quad \theta e \text{ en grados}$$

$$Cc = \sqrt{Xc^2 + Yc^2}$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta e , \quad \theta e \text{ en grados}$$

$$G = 2\text{Sen}^{-1} \frac{c}{2Rc}$$

$$Lc = \frac{\Delta c x C}{G} \quad \text{o} \quad Lc = \frac{\pi Rc \Delta c}{180}$$

$$Cc = 2Rc\text{Sen}(\Delta c/2)$$

DEFLEXIONES DE LA CURVA ESPIRAL

$$\phi = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{Yc}{Xc}\right) \quad \text{o} \quad \phi = \frac{\theta e}{3}$$

$$\phi_p = \frac{l^2 \phi}{Le^2}$$

Donde:

ϕ_p = Deflexión de un punto P cualquiera desde el TE o desde el ET en grados

ϕ = Deflexión para el EC o CE en grados

l^2 = Distancia del punto P desde el TE o el ET

Le = Longitud de la curva espiral

ABSCISADO

$$TE = PI - Te$$

$$EC = TE + Le$$

$$CE = CE + Lc$$

$$ET = CE + Le$$

4.4.3.3 Empalme espiral – espiral

Este tipo de curvas se presenta principalmente cuando su deflexión es pequeña, normalmente por debajo de los 30° , porque al calcular la curva como espiral–circular–espiral para estos valores normalmente se obtienen longitudes de curva circular negativas o muy pequeñas. Aunque se pudiese aumentar el radio y/o disminuir la longitud espiral para poder obtener una curva espiral – circular – espiral con longitud circular positiva, sucede que cuando se alcanza el valor deseado la tangente es tan larga que ya no hay espacio para la curva. Por esto la solución más apropiada en estos casos es la curva espiral–espiral, por varias razones:

- Simplifica los cálculos ya que no existen los elementos de la curva circular.
- Se reduce también los trabajos de localización en el terreno.
- Facilita un mejor control de cierre en el campo.
- Permite una mayor flexibilización en los cálculos ya que, además de la deflexión, los cálculos se pueden realizar partiendo de uno de estos elementos: radio (Rc), longitud espiral (Le), externa (Ee) o tangente (Te). Quiere decir lo anterior que, dependiendo del control que se tenga en el campo, se puede asumir el valor más apropiado de uno de estos cuatro elementos.

- Cuando se tienen longitudes del arco circular muy pequeñas, menores de 10 metros, la estética de la curva no es la mejor, por lo que se recomienda optar por modificarla por una curva de este tipo.
(Agudelo, 2002, pp. 240- 241; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.83).

ELEMENTOS: Los elementos de la curva espiral – espiral son los mismos de la curva espiral – circular – espiral con excepción de los que corresponden al tramo circular, es decir, la deflexión circular, el grado de curvatura, la longitud circular y la cuerda larga circular. El radio de la curva R_c es puntual y se presenta en el punto donde se unen las dos espirales, denominado EE o ECE, por lo tanto, no existen los puntos EC y CE. (Agudelo, 2002, p. 241).

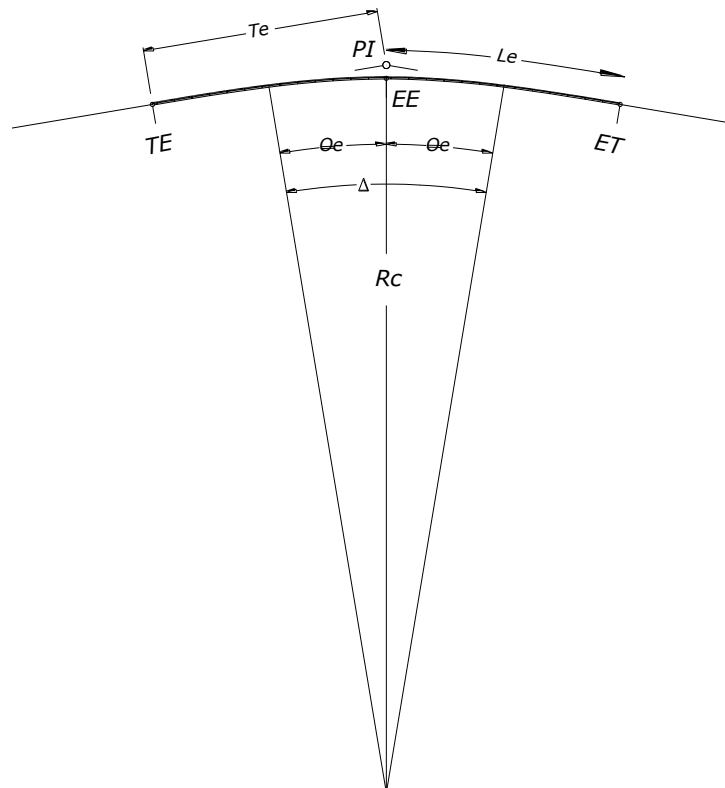


Figura 4.8. Curva espiral - espiral.

Nota: Agudelo Ospina, J.J. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.242.

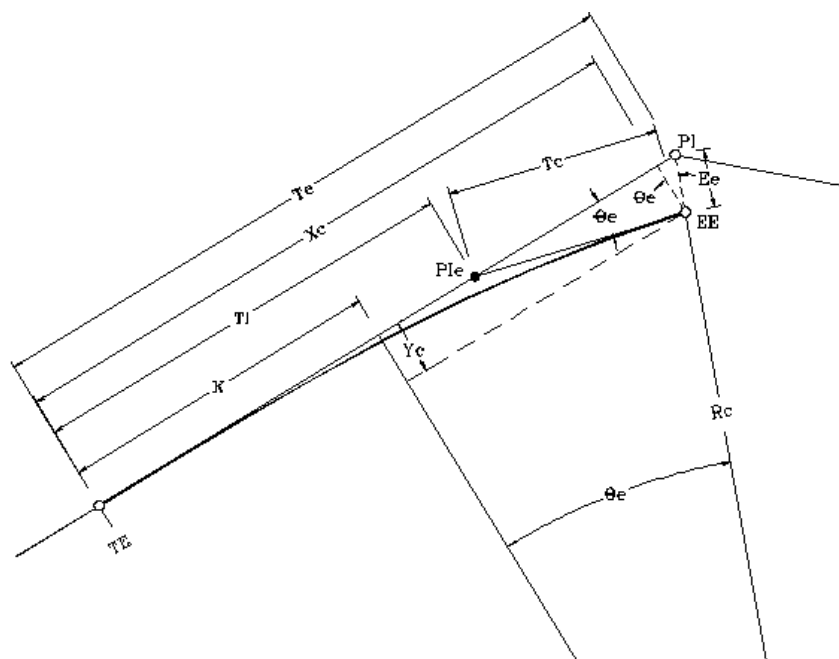


Figura 4.9. Elementos de Curva espiral - espiral.
Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). Diseño geométrico de vías.

ECUACIONES DE LA CURVA ESPIRAL – ESPIRAL

Para calcular los elementos de una curva Espiral –Espiral se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\theta_e = \frac{\Delta}{2} \quad , \quad \theta_e \text{ en grados}$$

$$\theta_e = \frac{\Delta\pi}{360} \quad , \quad \theta_e \text{ en radianes}$$

1. Dado Rc

$$L_e = 2R_c\theta_e \quad , \quad \theta_e \text{ en radianes}$$

$$E_e = \frac{Y_c}{\cos\theta_e} \quad , \quad \theta_e \text{ en grados}$$

$$T_e = X_c + E_e \cdot \text{Sen}\theta_e \quad , \quad \theta_e \text{ en grados}$$

2. Dado Le

$$Rc = \frac{Le}{2\theta e} \quad , \quad \theta_e \text{ en radianes}$$

3. Dado Ee

$$Le = \frac{Ee \cdot \cos \theta e}{F1} \quad , \quad \theta_e \text{ en grados}$$

Donde:

$$F1 = \left(\frac{\theta e}{3} - \frac{\theta e^3}{42} \right) \quad , \quad \theta_e \text{ en radianes}$$

4. Dado Te

$$Le = \frac{Te}{F2 + F1 \cdot \tan \theta e} \quad , \quad \theta_e \text{ en grados}$$

Donde:

$$F1 = \left(\frac{\theta e}{3} - \frac{\theta e^3}{42} \right)$$

$$F2 = \left(1 - \frac{\theta e^2}{10} + \frac{\theta e^4}{216} \right)$$

DEFLEXIONES DE LA CURVA ESPIRAL

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{Yc}{Xc} \right) \quad \text{o} \quad \phi = \frac{\theta e}{3}$$

$$\phi_p = \frac{l^2 \phi}{Le^2}$$

Donde:

ϕ_p = Deflexión de un punto P cualquiera desde el TE o desde el ET en grados

ϕ = Deflexión para el EE en grados

l^2 = Distancia del punto P desde el TE o el ET

L_e = Longitud de la curva espiral

ABSCISADO

$$TE = PI - Te$$

$$EE = TE + Le$$

$$ET = EE + Le$$

4.4.3.4 Longitud mínima de la espiral

Longitud mínima de la espiral (L_e) debe satisfacer algunos parámetros y criterios, principalmente de tipo dinámico, estético y geométrico. En la práctica no se acostumbra calcular la longitud para cada curva, sino que de acuerdo a los criterios que se analizarán se asume un valor mínimo para el proyecto o también se acostumbra elaborar una tabla con valores que varían de acuerdo al radio de la curva. (Agudelo, 2002, pp. 223-224).

Además de la longitud espiral se debe considerar la longitud circular, que para curvas E-C-E debe tener como mínimo la distancia recorrida durante dos segundos a la velocidad de diseño.

LONGITUD MÍNIMA SEGÚN TRANSICIÓN DEL PERALTE.

Podría decirse que es de los criterios más importantes ya que en la transición del peralte, cuando pasa de un tramo recto a un tramo curvo, se debe garantizar una cierta comodidad y seguridad. En un tramo recto la inclinación transversal de la calzada corresponde al bombeo cuyo valor es del orden del -2.0%, mientras que en un tramo curvo la inclinación transversal corresponde al peralte requerido de acuerdo al radio de curvatura y la velocidad de diseño con valores que pueden alcanzar hasta el 10.0%. Se requiere entonces para este cambio una longitud, que será analizada en el capítulo del diseño del peralte, calculada con la siguiente expresión:

$$L_e \geq L_t = \frac{e \cdot a}{I}$$

Donde:

L_t = Longitud de transición del peralte (m)

e = valor del peralte (%)

a = distancia del eje al borde de calzada (m)

I = Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes (%)

La inclinación longitudinal de rampa de peraltes está dada en función de la velocidad, a mayor velocidad menor inclinación, por lo tanto, mayor longitud de transición. (Agudelo, 2002, pp. 224-225).

LONGITUD MÍNIMA SEGÚN VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN CENTRÍFUGA

Este aspecto va ligado con la comodidad y con la transición del peralte. Aunque el valor de la inclinación de rampa de peralte (l) ha considerado la comodidad para el alabeo que se experimenta en el ascenso y descenso de los bordes de calzada con respecto al eje de esta en la transición del peralte, existen algunas fórmulas que permiten calcular la longitud mínima que garantice un buen confort. Se tiene una fórmula general deducida a partir de la ecuación de equilibrio de un vehículo en movimiento en una curva: (Agudelo, 2002, pp. 225-226).

$$Le \geq \frac{V}{46.66C} \left[\frac{V^2}{Rc} - 127.e \right]$$

Donde:

V = Velocidad (Km/h)

Rc = Radio de la curva (m)

e = Peralte (decimales)

C = Variación de la aceleración radial por unidad de tiempo (m/s³)

El parámetro C es una constante empírica que se asume de acuerdo al grado de comodidad que se desee obtener y se ha demostrado experimentalmente que varía entre 0.3 y 0.9 recomendándose un valor promedio de 0.6 m/s³.

LONGITUD MÍNIMA DE ACUERDO A LA ESTÉTICA

Se recomienda que por estética el valor de la deflexión de la espiral θ_e sea mínimo de 3.15 grados. Despejando Le y reemplazando θ_e por 3.15 de la expresión:

$$\theta_e = \frac{90Le^2}{\pi Rc}$$

Se tiene que:

$$Le = 0.11 Rc \quad \text{o} \quad Le \geq \frac{Rc}{9}$$

Debe tenerse en cuenta además que la longitud de la espiral no difiera demasiado de la circular. Desde el punto de vista estético no es aconsejable emplear longitudes muy largas de espiral con longitudes muy cortas de curva circular o viceversa. (Agudelo, 2002, pp. 226-227).

4.4.4 Relación entre la Velocidad Específica de la curva horizontal (VCH), el Radio de curvatura (RC) y el Peralte (e)

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal a una velocidad dada, el diseño de la vía en dicha curva debe garantizar al conductor un recorrido seguro y confortable. (Agudelo, 2002, p. 288).

La ecuación del radio de la curva logra incorporar esas 3 variables:

$$R_c = \frac{V_{CH}^2}{127 \times (e + f_T)}$$

Donde:

RC: Radio de la curva circular, en metros.

VCH: Velocidad Específica para la que se diseña la curva, en km/h.

e: Peralte de la calzada en la curva, en tanto por uno.

fT: Coeficiente de fricción transversal.

Los radios mínimos y el peralte se explican de forma más detallada en la sección 4.7 y 4.7.1

4.4.5 Entretangencia

Corresponde a la distancia comprendida entre el punto terminal (PT) y el punto de comienzo (PC) de curvas horizontales sucesivas. Esta distancia depende del tipo de vía, velocidad de la misma y el sentido de las curvas consideradas. Además, se deben tener en cuenta las condiciones topográficas y los predios que se tenga en la zona. En curvas de igual sentido es necesario guardar la entretangencia ya que el usuario está predispuesto a que cuando sale de una curva la siguiente es contraria entonces para darle un margen de maniobrabilidad segura. (Agudelo, 2002, pp. 330-332; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.119-120; Arboleda, 2010, p.33).

4.5 ALINEAMIENTO VERTICAL

El eje en este alineamiento se llama Rasante. En el diseño vertical corresponde a una línea, que al interceptarla con un plano vertical perpendicular al eje se obtiene el punto que indica la altura de la superficie de acabado final de la vía en el eje y en la sección transversal está representada por un punto que indica dicha altura.

En las vías urbanas normalmente no se tiene la posibilidad de escoger entre alternativas y poder elegir una pendiente óptima, por eso la topografía suele ser condicionante del alineamiento vertical de la vía. El ingeniero vial se encontrará con frentes de viviendas consolidadas que dan cara a la vía y que se deben respetar y así acomodar la pendiente de la vía a la del terreno existente. De igual manera tendrá otros condicionantes como son los cruces y empalmes con vías existentes y la presencia de redes de servicio público que en la mayoría de las veces exigen unas distancias verticales mínimas respecto a la rasante. (Agudelo, 2002, p. 397; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.127).

4.5.1 Elementos

El alineamiento vertical de una vía compuesto por dos elementos principales: rasante y perfil. La rasante a su vez está compuesta por una serie de tramos rectos, llamados tangentes, enlazados entre sí por curvas. La longitud de todos los elementos del alineamiento vertical se considera sobre la proyección horizontal,

es decir, en ningún momento se consideran distancias inclinadas. El diseño del alineamiento vertical de una vía se presenta en escala deformada, donde las abscisas tienen una escala diez veces menor que la escala de las cotas. (Agudelo, 2002, pp. 397-398).

4.5.1.1 Perfil.

Corresponde a los niveles del terreno natural. El perfil de una vía corresponde generalmente al eje de esta, y está dado por la topografía. El perfil debe presentar elevaciones reales, es decir con respecto al nivel medio del mar. (Agudelo, 2002, pp.398-399).

4.5.1.2 Rasante.

Compuesta por tangentes y curvas. Las Tangentes tienen su respectiva longitud, la cual es tomada sobre la proyección horizontal (ΔX) y una pendiente (p) expresada en porcentaje. Dicha pendiente tiene un valor mínimo y máximo que depende principalmente del tipo de terreno, el tipo de vía, la velocidad de diseño y la composición vehicular que podría tener la vía. Las curvas verticales unen dos tangentes verticales consecutivas, y son en forma de parábola. (Agudelo, 2002, pp. 400-401)

Por tener esta figura geométrica tiene las siguientes características:

- Permite un cambio gradual de pendiente desde la tangente de entrada hasta la tangente de salida a lo largo de toda la curva.
- Facilita la operación vehicular de una manera cómoda y segura
- Brinda una apariencia agradable.
- Permite un adecuado drenaje.

4.5.2 *Pendientes*

Es el cociente entre la distancia vertical y la distancia horizontal expresada en porcentaje

$$p (\%) = \frac{\Delta y (cota)}{\Delta x (longitud)} \times 100$$

4.5.2.1 Pendiente mínima

La pendiente mínima está gobernada por situaciones de drenaje. El valor mínimo es 0.5%. (Agudelo, 2002, p. 419; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.127; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.186-187).

4.5.2.2 Pendiente máxima

En vías urbanas, cuando se tiene la posibilidad de elegir la pendiente a emplear en un alineamiento vertical, se deberá tener presente las consideraciones económicas, constructivas y los efectos de la pendiente en la operación vehicular. La pendiente máxima longitudinal está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar.

En general, las vías arterias y las vías colectoras no deben tener pendientes mayores al 8%. En el caso de las vías locales, que por lo general tienen que adaptarse a las características topográficas del sector pueden tener pendientes hasta del 16%. Cuando se tienen condiciones excepcionales de pendientes tan altas se debe garantizar paso exclusivo de vehículos livianos y a velocidades entre 20 km/h y 30 km/h.

4.6 Curvas Verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. El punto común de una tangente y una curva vertical en su origen se denomina PCV, y PTV al punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le designa como PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra "A". Cuando la velocidad de la vía es menor a 50km/h se deberá diseñar una curva vertical siempre que la diferencia algebraica de pendientes sea mayor a 1%. Para los casos en los que la velocidad sea mayor a 50km/h, se aplicará las curvas verticales en pendientes de diferencia algebraica mayor a 0.5%. (Agudelo, 2002, pp. 402-414; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.131; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.189).

4.6.1.1 Elementos de la curva vertical

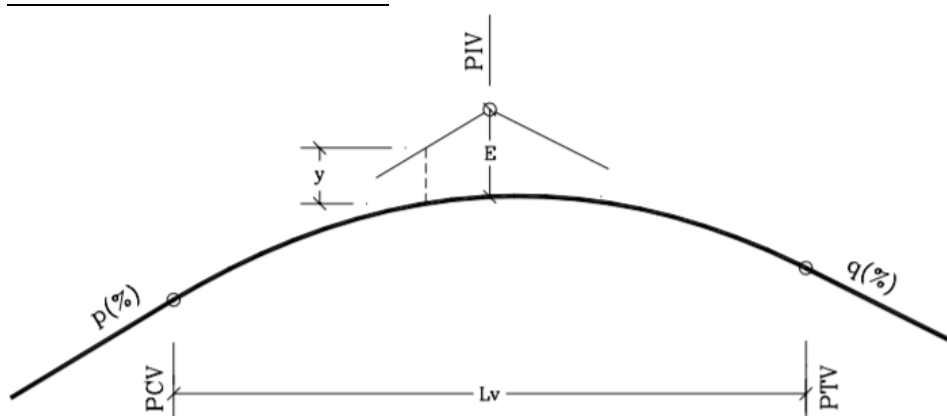


Figura 4.10. Elementos de la curva vertical.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.402

PCV = Principio de curva vertical.

PIV= Punto de intersección vertical

PTV = Principio de tangente vertical. Final de la curva vertical

E = Externa. Distancia vertical entre el PIV y la curva.

L_v = Longitud de curva vertical

$p(\%)$ = Pendiente inicial o de llegada expresada en porcentaje.

$q(\%)$ = Pendiente final o de salida expresada en porcentaje.

y = Corrección vertical

A = Diferencia algebraica de pendientes = $q - p$

(Agudelo, 2002, p.401; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.134; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.189).

4.6.1.2 Tipos de curva vertical

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas.

CURVAS SIMÉTRICAS:

Se denomina curva vertical simétrica aquella donde la proyección horizontal de la distancia PCV – PIV es igual a la proyección horizontal de la distancia PIV – PTV. (Agudelo, 2002, pp.402-408; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.132-133).

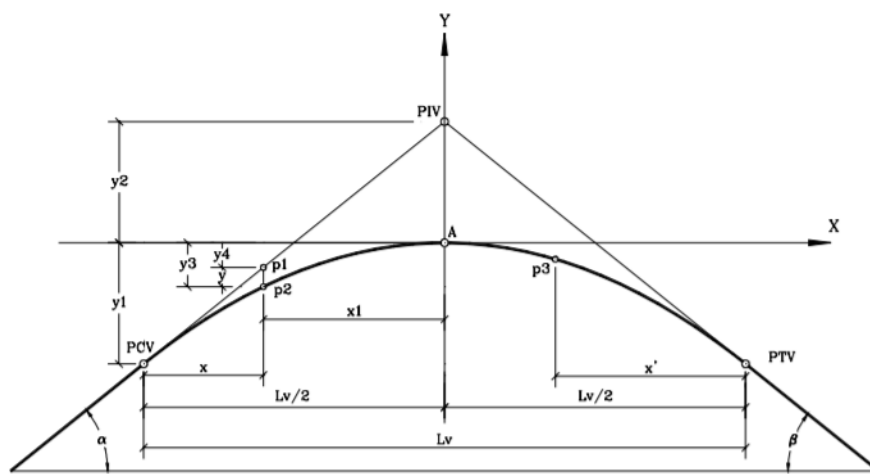


Figura 4.11. Curva vertical simétrica.

Nota: Agudelo Ospina, J.J. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.403

CURVAS ASIMÉTRICAS:

La curva vertical asimétrica es aquella donde las proyecciones de las dos tangentes de la curva son de diferente longitud. En otras palabras, es la curva vertical donde la proyección horizontal de la distancia PCV a PIV es diferente a la proyección horizontal de la distancia PIV a PTV. Este tipo de curva es utilizado cuando alguna de las tangentes de la curva está restringida por algún motivo o requiere que la curva se ajuste a una superficie existente, que solo la curva asimétrica podría satisfacer esta necesidad. (Agudelo, 2002, pp.409-412; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.134-136).

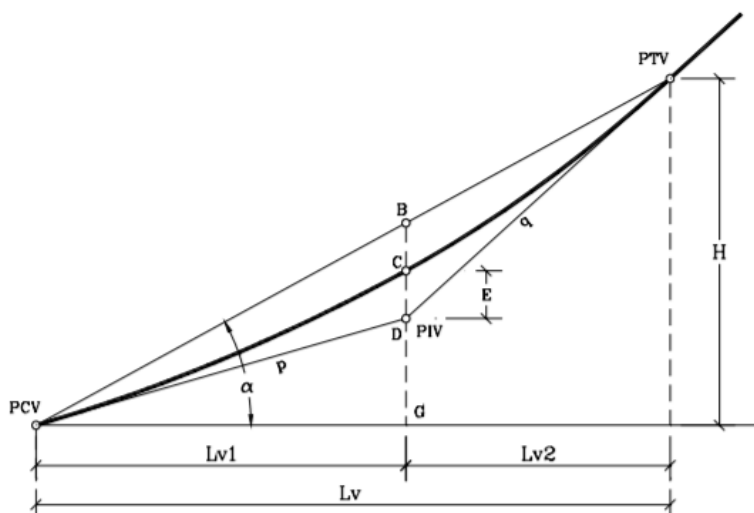


Figura 4.12. Curva vertical asimétrica.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.410.

Algunos casos en los que se puede requerir una curva asimétrica son:

1. Disponibilidad de espacio: En la Figura 4.13 se muestra un ejemplo de un diseño en el cual la solución de la segunda curva, en lugar de modificar el alineamiento, es diseñar una curva asimétrica con $Lv1=50.0$ m y $Lv2=70.0$ m

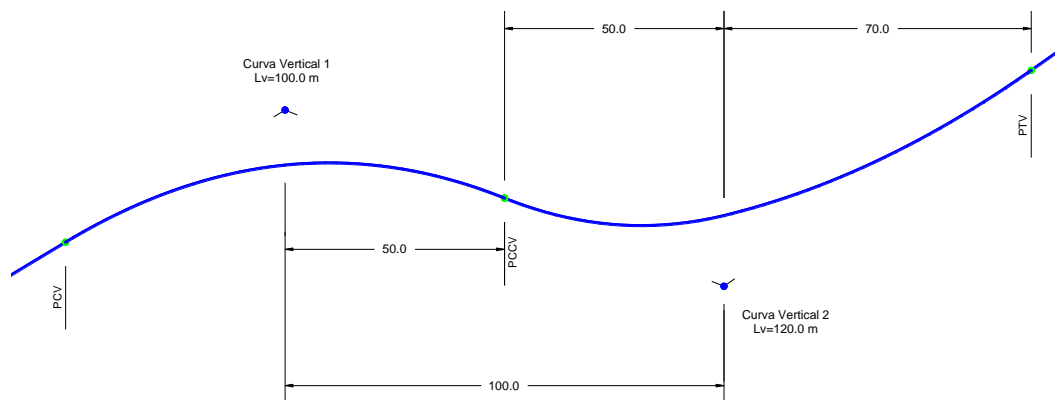


Figura 4.13. Curva asimétrica cuando no hay disponibilidad de espacios

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

2. Ajuste a superficie o punto de control: En la Figura 4.14 se muestra el caso que al diseñar la curva vertical se requiere respetar una superficie, que podría ser por ejemplo un puente, y se debe mantener esta rasante (lo ideal es no tener que demolerla).

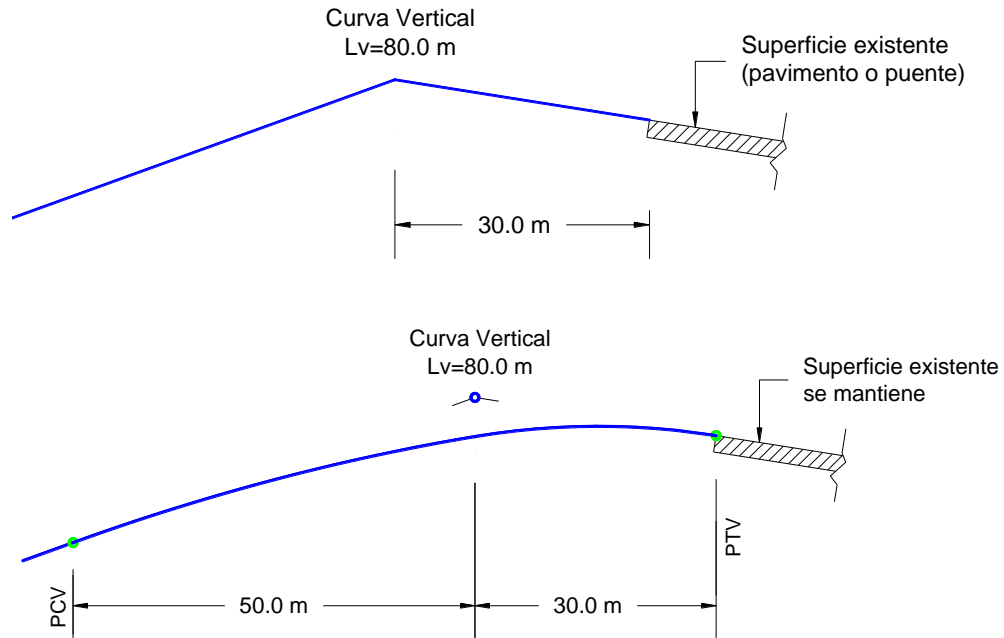
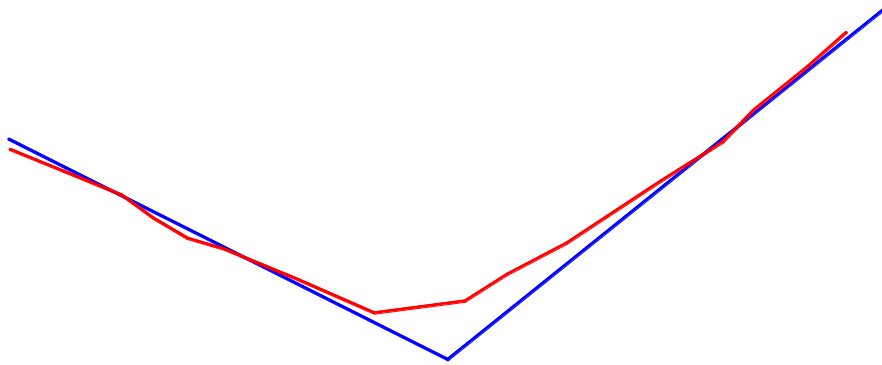


Figura 4.14. Curva asimétrica cuando se requiere ajuste a punto de control

Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

3. Ajuste al terreno: En la Figura 4.15 se muestra el caso que se requiere diseñar una curva vertical que se adapte lo mejor al terreno con el fin de minimizar el movimiento de tierra o de no afectar acceso a construcciones aledañas. Una curva simétrica se ajustaría al terreno solo en una parte y podría generar un corte o un lleno.



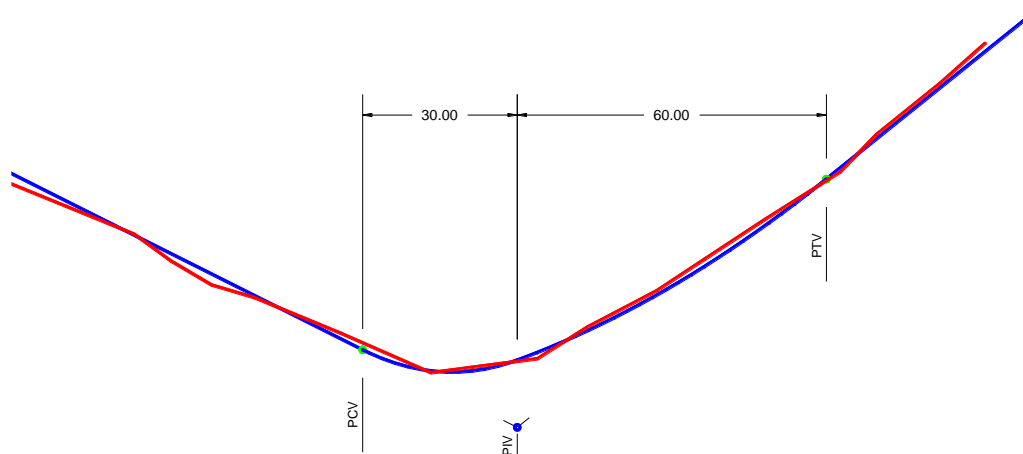


Figura 4.15. Curva asimétrica cuando se requiere ajuste al terreno
 Nota: J. J. Agudelo, comunicación personal, 2015, Universidad EAFIT

CURVAS CONVEXAS:

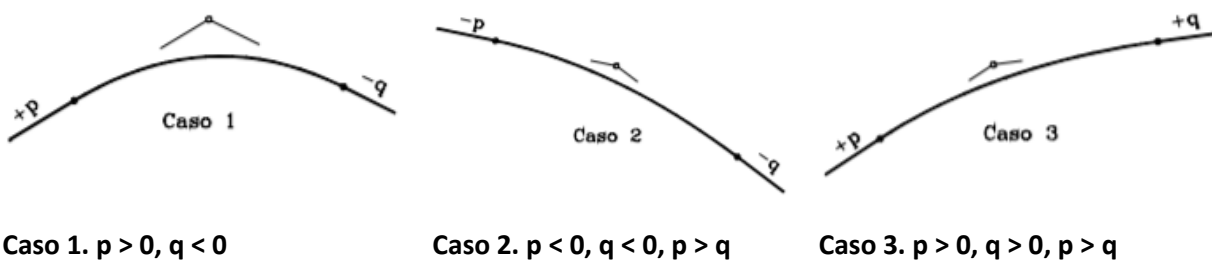


Figura 4.16. Curva vertical convexa.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.413

CURVAS CÓNCAVAS:

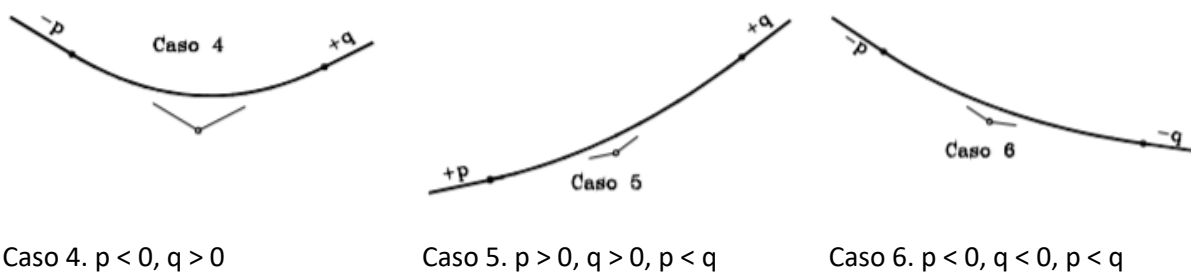


Figura 4.17. Curva vertical cóncava.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.414

4.6.1.3 Longitud de curva vertical

La longitud de las curvas verticales está directamente relacionada con la distancia de visibilidad de parada considerando una altura del ojo del conductor, de 1.08 metros, y una la altura del objeto de 0.60 metros sobre la superficie de pavimento. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.189).

Longitud de la parábola que debe cumplir los siguientes criterios:

Criterio de seguridad: Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP).

Criterio de operación: Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. Debe brindar una adecuada comodidad y buena apariencia de la vía.

Criterio de drenaje: Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

La longitud mínima TEÓRICA de una curva vertical se debe calcular con la expresión $L=KA$ con el fin de garantizar la suficiente distancia de visibilidad de parada para la velocidad de diseño considerada. Para longitudes de curva vertical mayor a 50A se debe prestar especial cuidado al drenaje dentro de la curva. (Agudelo, 2002, p.420; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.136; Arboleda, 2010, pp.30-31).

Esto aplica especialmente para curvas convexas. En las curvas cóncavas la visibilidad está condicionada en gran parte por las luces de los faros o las luminarias, y generalmente el valor de K está dado para carreteras que no tienen iluminación artificial. La mayoría de las vías urbanas son iluminadas por lo que el valor de K puede disminuir. Se debe de considerar preferiblemente el criterio estético y de comodidad, es decir de operación.

Tabla 4.1 Valores de k mínimo para curvas verticales y longitud mínima de curva.

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS.2008. p.142

VALORES DE K MÍNIMO PARA CURVAS VERTICALES Y LONGITUD MÍNIMA DE CURVA			
Velocidad (km/h)	Curvas cóncavas	Curvas convexas	Longitud mínima de curva vertical (m)
30	6	2	20
40	9	4	24
50	13	7	30
60	18	11	36
70	23	17	42
80	30	26	48

Se mencionó la palabra teórica en el párrafo anterior ya que en vías urbanas donde las condiciones de espacio, iluminación y visibilidad son estrictas no se considera esta longitud mínima. La longitud mínima obviamente depende de la velocidad, pero lo menos que se puede llegar a diseñar es una curva de 10m puede ser simétrica o asimétrica. Si es asimétrica se recomienda una relación de lados 3m y 7m como mínimo ya que menos podría tener problemas de comodidad y seguridad el empalme.

4.6.1.4 Recomendaciones para el diseño de rasante

Con el fin de obtener el mejor diseño de rasante, desde el punto de vista técnico y económico, y una apropiada presentación de los planos e información, a continuación, se enumeran una serie de observaciones y recomendaciones para tener en cuenta en el alineamiento vertical:

- Respetar pendiente máxima. La pendiente máxima se define a partir del tipo de vía, configuración topográfica y la velocidad de diseño. Esta debe tener en cuenta la composición vehicular ya que cuando el porcentaje de vehículos pesados es alto la pendiente longitudinal no puede ser muy elevada. Si debido a la configuración topográfica se hace difícil disminuir la pendiente es aconsejable ubicar la debida señalización y evitar que estos vehículos transiten por ahí. Ya se ha evidenciado como la mezcla de altas pendientes con vehículos pesados ocasiona graves incidentes.
- Respetar pendiente mínima. Para efectos de drenaje es recomendable que la pendiente longitudinal no sea inferior al 0.5%.
- Al calcular la longitud requerida de curva se recomienda, en lo posible, redondearla al número entero por encima del valor calculado. Por ejemplo, se tiene un valor de $K = 8$ y una diferencia algebraica de pendientes $A = 7.8$, el valor requerido de longitud es $L = 8 \times 7.8 = 62.4$. Se recomienda entonces utilizar una longitud de 63 metros.
- En muchas ocasiones la longitud ideal, de acuerdo a las condiciones topográficas, es mayor que la requerida. Puede suceder que al aumentar la longitud de la curva esta se adapte mejor al terreno disminuyendo la cantidad de corte o de lleno.
- Para cambios de pendiente menores a 0.5% no se requiere curva vertical. Esto debido a que la externa y las correcciones son insignificantes y el cambio de pendiente aún sin curva no representa mayor incomodidad al usuario.
- Cuando se emplean curvas asimétricas se recomienda, principalmente por estética, que se cumpla la siguiente relación: $(L_{mayor} / L_{menor}) < 1.5$
- Cuando se tiene una curva convexa al mismo tiempo de una curva horizontal, la longitud de la curva vertical debe ser más grande de la distancia de visibilidad para garantizar una buena visibilidad al entrar en la curva horizontal.
- En lo posible se deben evitar dos curvas continuas de la misma naturaleza (2 cóncavas o 2 convexas). En estos casos se recomienda remplazarlas por una sola curva por razones de visibilidad y estética. Esto es fácil conseguirlo cuando la entretangencia es corta.
- Las longitudes, tanto de curvas como de tangentes, siempre se consideran sobre la proyección horizontal.
- En el alineamiento vertical no se requieren entretangencias. Quiere decir que una curva vertical puede comenzar donde termina la anterior. El punto donde coinciden el PTV y el PCV se denomina PCCV. Además, cuando no hay entretangencia la pendiente máxima se puede aumentar en dos puntos.
- Al proyectar la rasante sobre un cauce se debe considerar el nivel de aguas máximas y el espesor de la estructura a considerar. Existe además una altura de seguridad: En ríos navegables se debe considerar la altura de acuerdo a las características de las embarcaciones.
- Cuando se tienen intersecciones con otras vías es recomendable diseñar con pendiente longitudinal máxima del 4.0% con el fin de mejorar la visibilidad y seguridad de los usuarios.
- En glorietas no se debe de especificar pendientes mayores al 3.0%.

- En túneles la pendiente no debe de exceder el 3.0%, de modo que el sistema de aireación no se haga demasiado costoso.
(Agudelo, 2002, pp.418-424)

4.7 PERALTE

Es la pendiente transversal que se le da a la calzada en tramos curvos con el fin para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga y evitar que los vehículos se salgan de la vía. El valor del peralte depende básicamente de radio de la curva.

$$e = \frac{V^2}{127 R} - f$$

Donde:

R = radio de la curva (m)

V = velocidad (m / seg)

f = coeficiente de fricción lateral.

En vías urbanas no se manejan altas velocidades y además se manejan muchas intersecciones que dificultan el uso ideal por ecuación del peralte. El peralte en vías urbanas oscila entre 3% y 6%, valores superiores a este se dan en casos excepcionales y que no interfieran con los bordes del urbanismo colindante. El peralte más usado es 4% para locales y colectoras y del 6% para arterias.

A partir de innumerables pruebas realizadas por diferentes organizaciones se han obtenido los siguientes valores del coeficiente de fricción. (Agudelo, 2002, pp.286-287; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.103; Arboleda, 2010, p.31; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.135-136).

Tabla 4.2 Coeficiente de fricción

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS.2008. p.103.

Velocidad (k/h)	30	40	50	60	70	80
Coeficiente de fricción lateral	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14

4.7.1 Radio mínimo en el eje

Una vez definidos el peralte máximo, el coeficiente de fricción máximo y la velocidad específica, se puede determinar el radio mínimo con la expresión:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 (e_{max} + f_{max})}$$

Donde:

R min = Radio mínimo absoluto

V= Velocidad especifica (Km/h)

e max = peralte máximo asociado a Ve, en tanto por uno

f_{max} = coeficiente de fricción lateral máximo, asociado a V_e .

(Agudelo, 2002, p.288; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.104; Arboleda, 2010, pp.31-32; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.131-136).

La Tabla 4.3 presenta los radios mínimos absolutos para las velocidades específicas indicadas y el valor recomendado de peralte. Para radios mayores al mínimo se debe utilizar valores de peralte inferiores al máximo de modo que la circulación sea cómoda y segura tanto para los vehículos rápidos como para los lentos. Siempre que sea posible, se deben usar un radio mayor al mínimo.

Tabla 4.3 Radio mínimo de curvas horizontales

Nota: Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. 2018. p.136

Velocidad (k/h)	Radio mínimo (m)		
	e máx. 4%	e máx. 6%	e máx. 8%
30	22	21	20
40	47	43	35
50	86	79	55
60	135	123	79
70	203	184	107
80	280	252	140

Cuando la deflexión es menor a 6° ($\Delta < 6^\circ$) se deben utilizar radios más grandes de tal forma que no queden curvas circulares con longitudes demasiado cortas que generen una defectuosa apariencia de la vía y produzcan la sensación de quiebre forzado entre dos alineamientos rectos.

Tabla 4.4 Radio mínimo de curvas horizontales con $\Delta < 6^\circ$

Nota: Datos adaptados del Manual de Diseño Geométrico. (INVIAS.2008) & Manual de Vialidad Urbana. Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana. Santiago de Chile.

Velocidad (km/h)/Deflexión	Radio mínimo (m)				
	2°	3°	4°	5°	6°
30-40	80	75	60	50	40
40-60	140	125	115	100	90
60-80	205	190	170	150	130

4.7.2 Radios de giro en intersecciones

El radio de giro es el parámetro que condiciona de manera más clara la velocidad en una intersección en una vía urbana. El radio de giro de un vehículo está relacionado con su velocidad y su tamaño.

Es importante detallar que la magnitud de los radios de giro es determinada por la vocación de la vía y su velocidad de diseño. Es decir, vías urbanas en las que el diseño busque mantener un tránsito de vehículos continuo, contemplarán radios de giro mayores, ya que el vehículo deberá mantener la velocidad. Por otro lado, en vías más locales, el vehículo debe hacer un alto en las intersecciones antes de girar, por lo que el radio de giro será menor. Así sean vías locales, o inclusive zonas de tráfico calmado, las vías deben

de permitir como mínimo, el paso de camiones de servicio básico (camiones de basura, bomberos, trasteos, entre otros). (Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas, 2019, pp.173-175).

Tabla 4.5 Radio de giro en intersecciones

Nota: Datos adoptados del MEP y Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas.

Radio de giro	
Radio de la esquina (m)	Características de operación
<1.5	No apropiado, ni siquiera para automóviles particulares. Se debe utilizar cuando no exista giro en esa esquina.
3.0	Para las vías de servicio el radio de giro será de tres metros. Giro a velocidad baja de automóviles particulares.
5.0	Para vías arterias y colectoras que no serán utilizadas para transporte público colectivo
6.0 - 9.0	Giro a velocidad moderada de automóviles particulares, giro a velocidad baja de camiones medios.
10.0	Para vías que han de servir como rutas para el transporte público de buses, en áreas y corredores de alta mixtura, y en vías rurales.
12.0	Giro a velocidad alta de automóviles particulares, giro a velocidad moderada de camiones medios.
15.0	Giro a velocidad moderada de camiones pesados.

4.7.3 Desarrollo del peralte

Cuando se presenta en el alineamiento horizontal una curva es necesario modificar la inclinación transversal desde el bombeo hasta el peralte requerido para la curva y luego después de la curva desde el peralte hasta el bombeo nuevamente. Esta modificación en la inclinación transversal, que se debe realizar a lo largo de una longitud apropiada, se denomina transición del peralte y se puede desarrollar de tres maneras:

- Girando el pavimento de la calzada alrededor de su línea central o eje: Es el más empleado ya que permite un desarrollo más armónico, provoca menor distorsión de los bordes de la corona y no altera el diseño de la rasante. Es además el más fácil de calcular.
- Girando el pavimento alrededor de su borde interior: Se emplea para mejorar la visibilidad de la curva o para evitar dificultades en el drenaje superficial de la vía, en secciones en corte. Origina cambios en la rasante de la vía
- Girando el pavimento alrededor de su borde exterior: Se usa cuando se quiere destacar la apariencia del trazado. Es el menos utilizado y el que genera mayores cambios en la rasante. (Agudelo, 2002, p.290-291)

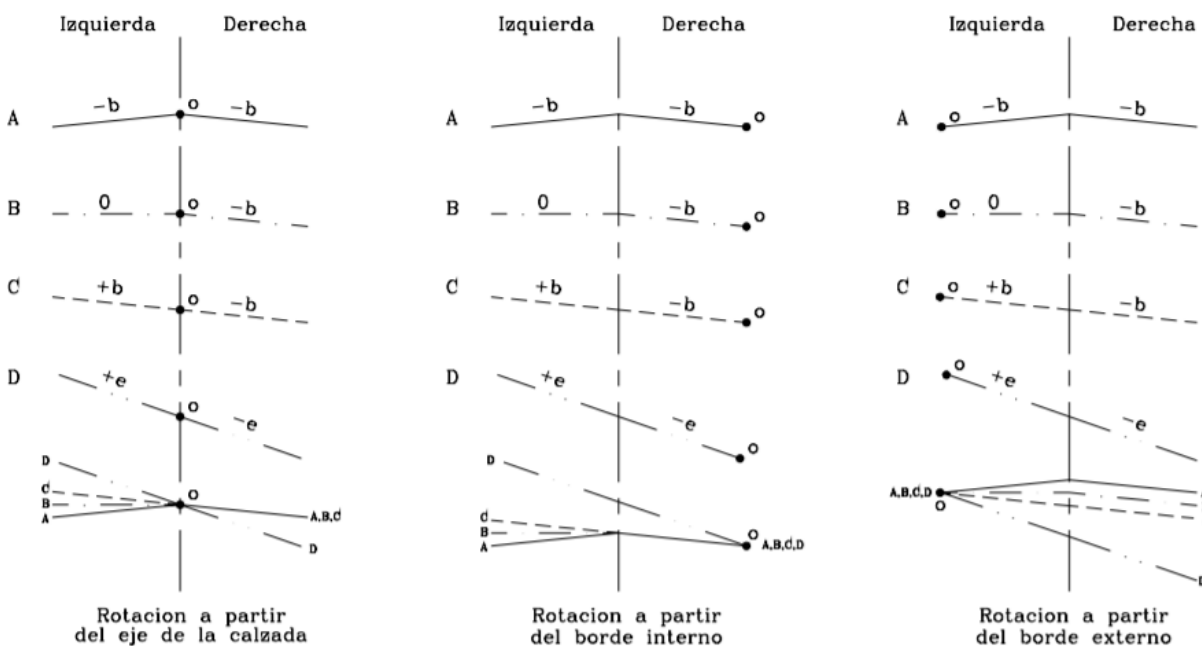


Figura 4.18. Desarrollo del peralte.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.294

4.7.4 Convención del peralte

El peralte es positivo cuando se eleva el borde de la vía con respecto al eje de la calzada y es negativo cuando desciende el borde de la vía con respecto al eje de la calzada. (Agudelo, 2002, p.291).

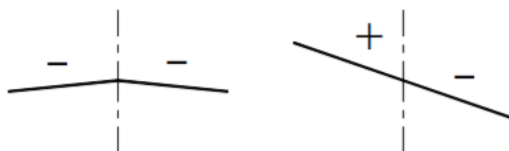


Figura 4.19. Convención del peralte.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.293

4.7.5 Rampa de peralte

Se define la rampa de peraltes, como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación de los bordes de la misma.

$$I = \frac{e \times a}{Lt}$$

Donde:

I = Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes (%)

e = Peralte de la curva (%)

a = Distancia del eje al borde de la calzada (m)

Lt = Longitud de transición (m)

La inclinación longitudinal máxima para la rampa de peraltes está determinada por la velocidad específica, mientras que la mínima está definida para cualquier velocidad como la décima parte de la distancia entre el eje y el borde de la calzada. (Agudelo, 2002, pp.297-298; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.108-109; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.140).

Tabla 4.6 Inclinación de la rampa de peraltes

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS.2008. p.110.

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80
Pendiente máxima de la rampa (%)	1.28	0.96	0.77	0.60	0.55	0.50

4.7.6 Longitud de transición del peralte

Para llevar a cabo el cambio de la sección transversal de una vía en tangente, cuya inclinación se denomina bombeo, a la sección transversal con el peralte requerido en una curva, se necesita establecer o diseñar una transición entre estas dos. Al efectuar la transición, los bordes de la vía adquieren una pendiente diferente a la del eje, pendiente que debe permanecer constante a lo largo de toda la transición, tanto en la del bombeo como en la del peralte. (Agudelo, 2002, pp.293-295; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.108; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.140).

$$L_t = \frac{e \times a}{I}$$

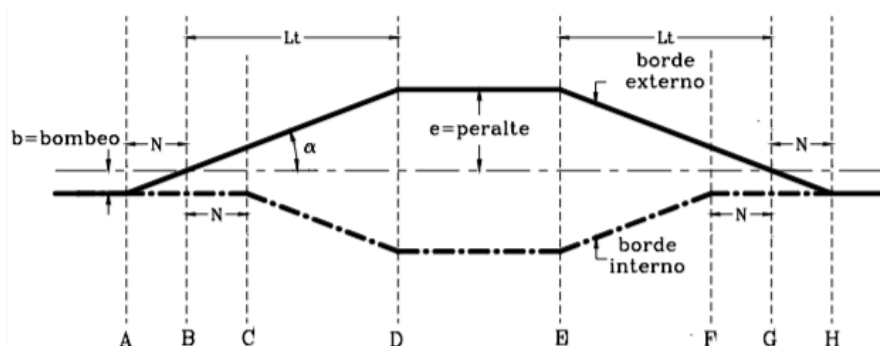


Figura 4.20. Esquema de peralte.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.295

4.7.7 Ubicación de la longitud de transición

4.7.7.1 Curva Espiral - Circular - Espiral.

Cuando se tienen curvas con espirales de transición el desarrollo o transición del peralte se lleva a cabo conjuntamente con la de la curvatura de la espiral. (Agudelo, 2002, pp.301-302).

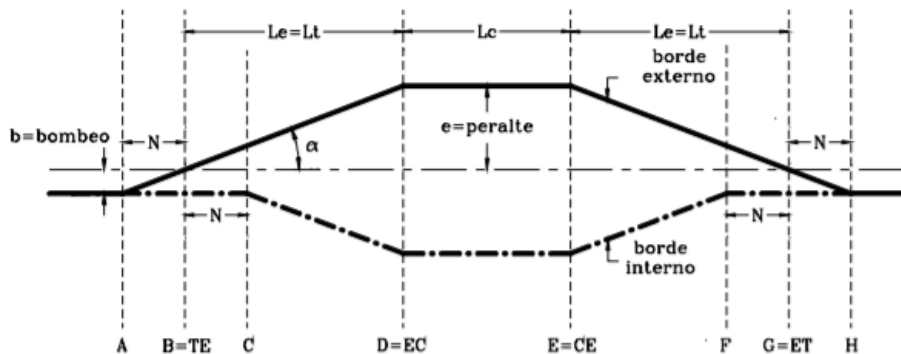


Figura 4.21. Transición Curva Espiral – Circular - Espiral.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.302

4.7.7.2 Curva Espiral - Espiral.

Cuando se tiene una curva espiral sin arco circular central, el desarrollo del peralte sigue los mismos criterios que en una curva espiral – circular – espiral, es decir que su transición se realiza conjuntamente con la curvatura de la espiral. El problema radica en que el peralte máximo para la curva solo se tiene en el punto EE, es decir, que no presenta un tramo constante, generando un cambio brusco en los bordes de la vía. Para evitar esta incomodidad se recomienda ubicar un tramo de peralte constante en la mitad de la curva y cuya longitud sea del orden de un tercio de la velocidad de diseño. En general este tramo puede estar entre 10 y 20 metros de longitud dependiendo básicamente de que tan mayor sea la longitud espiral con respecto a la longitud de transición requerida para el peralte. (Agudelo, 2002, p.303).

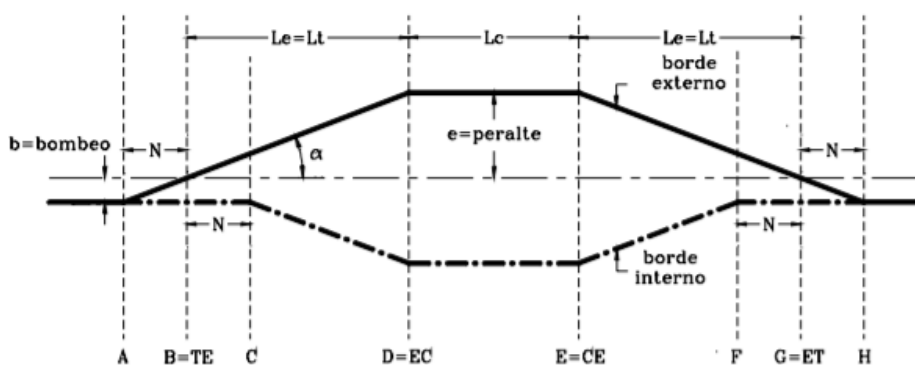


Figura 4.22. Transición Curva Espiral - Espiral.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.304.

4.7.7.3 Curva Circular.

Cuando el diseño del alineamiento horizontal se realiza con curvas circulares la transición del peraltado se puede realizar de dos formas. La primera de ellas, la más recomendable, desarrollando la totalidad de dicha transición en las tangentes adyacentes a la curva. la segunda, la más usada, ubicando parte de la transición dentro de la curva circular. Se debe tener en cuenta que al desarrollar un tercio de la transición del peralte dentro de la curva circular el tramo con peralte constante, cuyo valor sería $L_c - 2/3 L_t$, no debe ser menor de $L_c/3$. (Agudelo, 2002, pp.305-306).

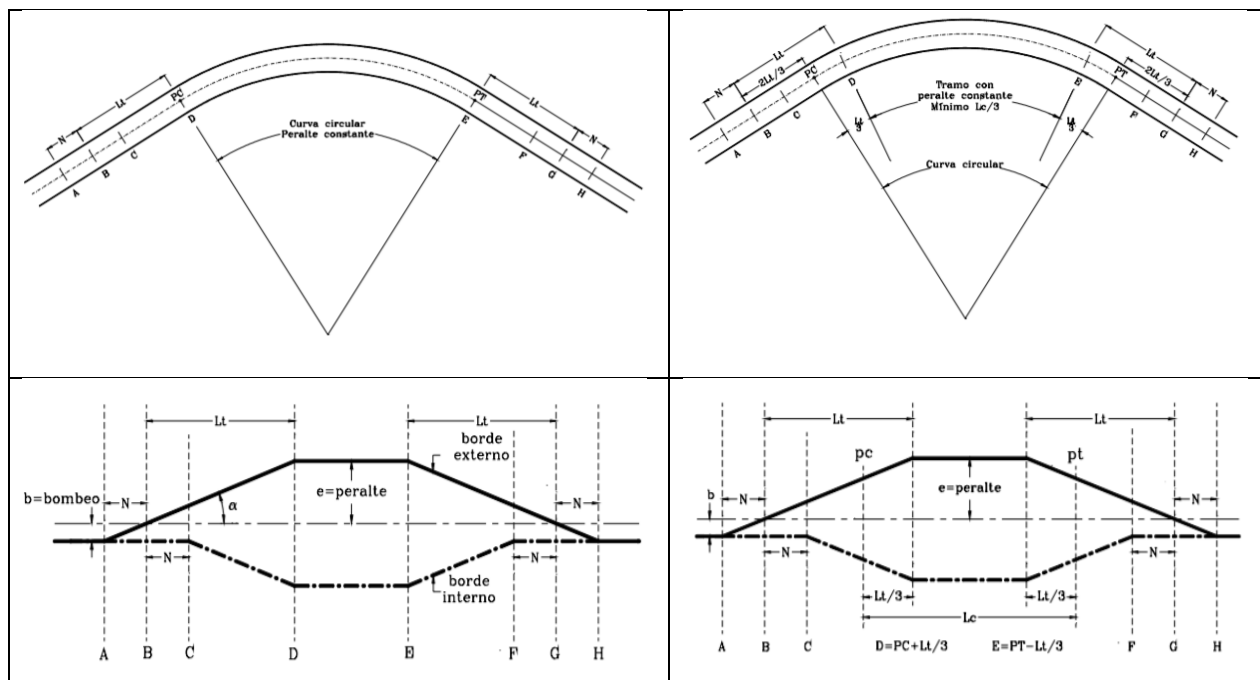


Figura 4.23. Transición de peraltes en curvas circulares.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. pp.302-309

4.7.8 Cálculo del peralte

Para calcular el valor del peralte en un punto cualquiera p de la rampa de peralte se plantea una relación de triángulos semejantes a partir de la Figura 4.24 (Agudelo, 2002, pp.309-312).

De la relación de triángulos semejantes se tiene que:

$$\frac{e}{L_t} = \frac{e_p}{D_p}$$

$$e_p = \frac{e \times D_p}{L_t}$$

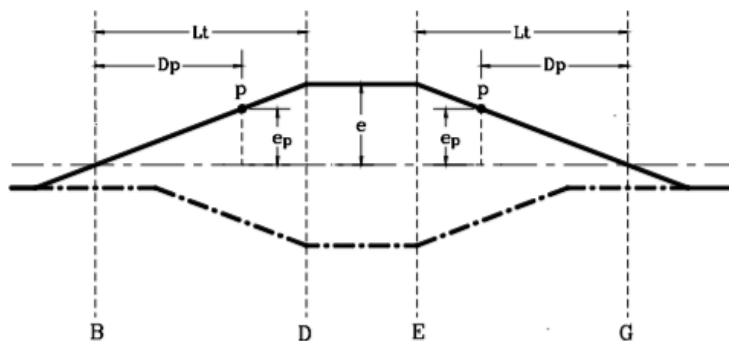


Figura 4.24. Peralte en un punto cualquiera p .

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.310.

Donde:

e_p = Peralte en un punto p dentro de la rampa de peraltes.

D_p = Distancia desde el punto p al punto B para la primera rampa y al punto G para la segunda rampa.

L_t = Longitud de transición.

e = Peralte máximo para la curva.

5. INTERSECCIONES E INTERCAMBIOS

Una intersección es un cruce entre dos o más vías de igual o distinta jerarquía, a nivel o desnivel, o que incluya enlaces e intercambios a través de rampas y ramales de conexión. Las intersecciones son muy importantes debido a que articulan diferentes vías y generan la red vial, y de su buen diseño y funcionamiento depende un eficiente flujo vehicular, una adecuada capacidad y nivel de servicio. Las intersecciones en ocasiones tienen situaciones desfavorables en algunos ámbitos como una alta ocupación del suelo, daños prediales, ambientales y uno de los más analizados, el efecto barrera o peligrosidad para peatones y ciclistas, y diferentes temas de seguridad vial. Debido a esto hay algunos aspectos que se deben tener en cuenta al momento de diseñar una intersección:

- Se debe hacer un estudio de movilidad que analice toda la red en el área de influencia. Una intersección no está relacionada únicamente con un nodo de la red, sino que puede solucionar o afectar a otros nodos cercanos.
- Se deben diseñar intersecciones eficientes y seguras.
- Se debe garantizar la seguridad de todos los actores viales, principalmente de peatones y ciclistas, mediante pasos seguros.
- Se debe diseñar una alternativa que dé solución a la mayor cantidad de movimientos posibles en la intersección. La eficiencia es igual a la cantidad de movimientos resueltos sobre la cantidad de flujos en la intersección.
- Hacer una ocupación racional de suelo.
- Minimizar los impactos ambientales y sociales.
- El diseño debe ser acorde con el nivel de las vías a intersecar.
(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.169; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.232).

5.1 ETAPAS DEL DISEÑO DE UNA INTERSECCIÓN

Existen varios elementos para tener en cuenta al momento de diseñar una intersección, y varían según las condiciones particulares de cada una. En términos generales las etapas que se deben seguir para un adecuado diseño son:

1. Estudios de Tránsito.
2. Definición de tipo de intersección.
3. Definición de especificaciones generales.
4. Levantamiento topográfico (vías, construcciones, redes, etc.).
5. Definición de esquemas en planta teniendo en cuenta todos los controles.
6. Estudio y definición de todos los movimientos.
7. Estudio de peatones.
8. Definición de la ubicación de medianas, isletas, carriles para cambio de velocidad y demás.
9. Diseño horizontal. Ejes principales y secundarios.
10. Localización en el terreno.
11. Nivelación y secciones transversales (si se requiere).
12. Diseño de rasante y peralte ejes principales (Tener en cuenta el drenaje).
13. Diseño de rasante y peralte ejes secundarios (Tener en cuenta el drenaje).
14. Estudio de visibilidad.
15. Evaluación de la capacidad.

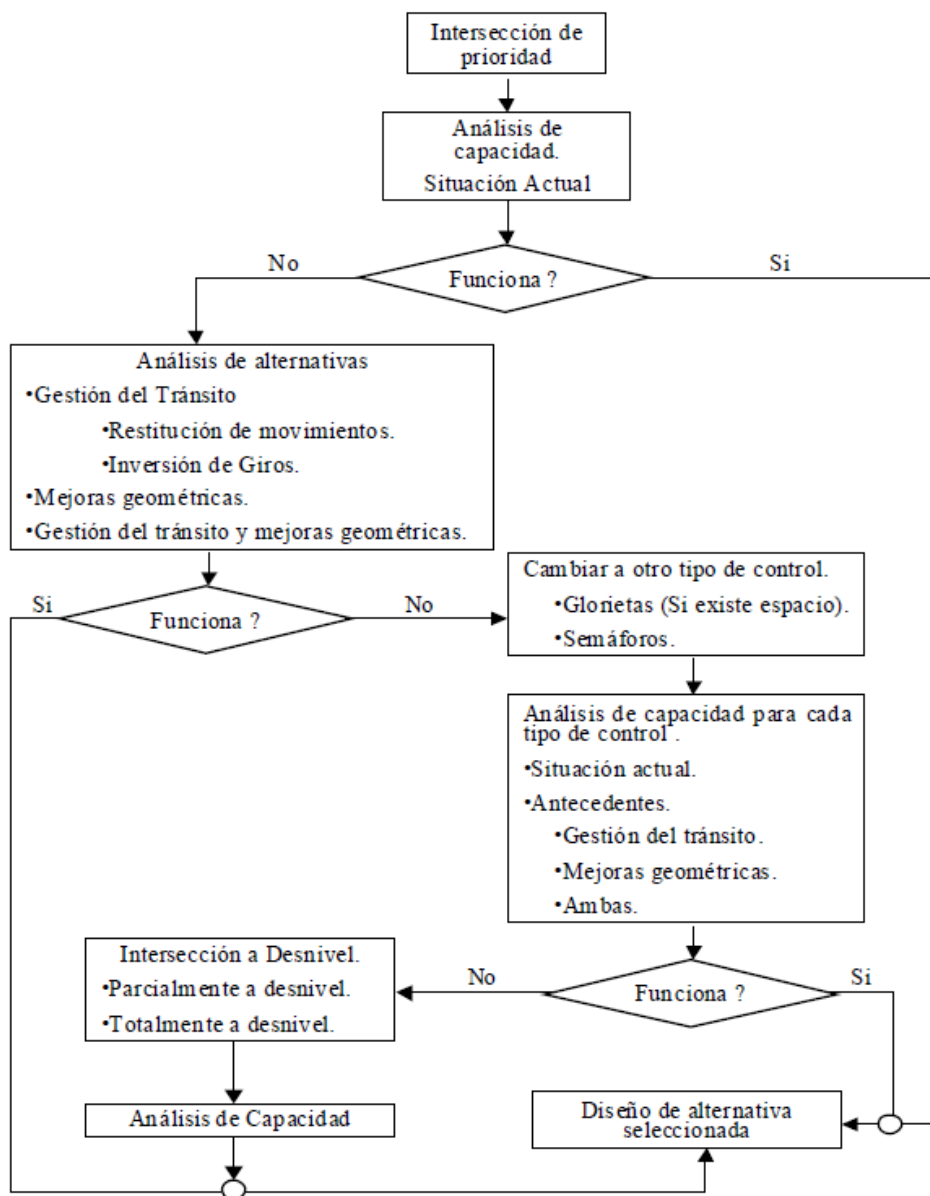
16. Definición de detalles (isletas, medianas, bordillos, carriles, cebras).
17. Dibujo de secciones transversales.
18. Diseño de señalización (y semaforización si se requiere).
19. Cantidades de obra.
20. Informe técnico final.

5.2 ELECCIÓN DEL TIPO DE INTERSECCIÓN

Existen varios criterios que se deben analizar al momento de elegir un tipo de intersección, estos se deben analizar en conjunto, integralmente para obtener la solución más eficiente:

1. Jerarquía de las vías y plan vial de la ciudad (POT): según la función de cada vía y el modelo de movilidad deseable, se analizan como se requieren controlar los accesos así dar alternativas. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.234).
2. Movimientos de peatones y ciclistas: Se requiere que en zonas de alto movimiento de peatones y ciclistas las trayectorias sean directas, cómodas y seguras. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.234-235).
3. Criterios físicos: Influye la topografía y el perfil longitudinal de las vías a empalmar. Espacio disponible y presencia de corrientes de agua, como ríos o quebradas. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.236).
4. Las redes de servicios públicos, sobre todo cuando se trata de tuberías de gran magnitud o redes principales (gas, acueducto) pueden ser determinantes.
5. Criterios urbanísticos: Se debe tener en cuenta el uso del suelo, modificaciones en las actividades de la zona si existe suelo desarrollable. Se debe tener en cuenta equipamientos como áreas residenciales, hospitales, colegios, centros comerciales ya que influyen en la conectividad y accesibilidad. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.235).
6. Intensidad y Tipo de Tráfico: dependiendo de los volúmenes y composición del tráfico vehicular se establecerá si es a nivel o desnivel los diferentes flujos que acceden a la intersección. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.236).
7. Integración con el sistema de transporte: Un sistema de transporte público masivo, colectivo o individual ya establecido o diseñado prevalecerá para definir el tipo de intersección y esta deberá tener en cuenta una integración funcional y un buen manejo de troncales, carriles exclusivos, estaciones, terminales, zonas de y vinculación con los otros modos. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.235).
8. Seguridad vial: Se deben analizar los registros históricos de incidentes tanto leves como mortales para analizar las diferentes causas de estos y así poder diseñar una alternativa que los evite o minimice a futuro.

Además, se debe seguir una serie de pasos mostrados a continuación para escoger la mejor alternativa:



Nota: Manual de Diseño Geométrico para vías e intersecciones urbanas. Universidad de los Andes.2006. p.113.

5.3 LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE INTERSECCIONES

A continuación, se dan algunas directrices al momento de plantear una intersección. Cabe aclarar que cada una es particular y no se debe generalizar por lo que no todos los criterios se adaptan a todos los casos. En general son un derrotero y control en el diseño.

- En intersecciones a nivel es posible limitar algunos movimientos, con el fin de mejorar la operación. Si esto se realiza se deben buscar soluciones que mitiguen la restricción de accesibilidad como organización de sentidos viales, orejas manzana, pares viales entre otras. Se deben priorizar los movimientos más importantes, a los secundarios adecuarlos con buena señalización o si es posible eliminarlos.

- El conductor debe ver al otro vehículo a tiempo en los conflictos de convergencia y entrecruzamiento, para esto la velocidad de los vehículos que acceden a una intersección debe limitarse en función de la visibilidad.
- Las intersecciones no deben generar dudas en los conductores. Para evitar esto se debe contar con una buena señalización tanto horizontal como vertical, una adecuada ubicación de esta, y una excelente geometría.
- Se deben crear zonas protegidas mediante isletas; estas generan los espacios protegidos que los vehículos necesitan para lograr su incorporación al tráfico de destino. Asimismo, sirven de refugio peatonal para el cruce de intersecciones.
- Se deben preferir las trayectorias perpendiculares, las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto.
- Se deben reducir o evitar las zonas de conflicto como convergencia, divergencia y entrecruzamiento o conflicto con otros actores como peatones y ciclistas. Esto mediante segregación física tipo isletas, diseño geométrico o señalización.
- En intersecciones a nivel el ángulo de un eje oblicuo con otro debe estar entre 60° y 90° .
- El radio mínimo de las curvas (ochaves) debe corresponder al radio mínimo de giro del vehículo de diseño
- Debe haber un manejo controlado y gradual de los cambios de velocidad. La diferencia entre velocidades específicas de dos curvas consecutivas no deberá ser mayor a 20 km/h. Si bien cada vía tiene su velocidad de diseño, debe garantizarse en todos los enlaces, que los procesos de aceleración y desaceleración se desarrollen de manera gradual. Cuando haya paso de peatones debe haber una política de tráfico calmado.
- Debe haber un análisis de tránsito detallado que indique: grado de utilización de la intersección, relación volumen-capacidad, longitud de colas, demoras, zonas de conflicto, volumen por movimiento desglosando su composición vehicular, análisis de capacidad por movimiento o por acceso.
- Las intersecciones deben ubicarse por lo menos a 50 metros de cualquier puente, para tener una adecuada visual de toda la intersección.
- En las intersecciones deben evitarse pendientes longitudinales que impidan mantener las distancias de visibilidad. Cuando las vías se aproximen a los cruces se recomienda mantener una pendiente longitudinal máxima de 4%. Cuando las pendientes que convergen en la zona de intersección son muy diferentes, prevalecerá el mayor perfil. Ciertamente, se mantendrán las cotas de la vía principal y las demás se empalmarán a través de líneas de contacto
- La distancia de visibilidad debe permitir a los conductores percibir la presencia de vehículos, peatones y ciclistas y anticipar su reacción o maniobra.
- En las intersecciones a nivel existe un concepto muy importante: el triángulo de visibilidad (ver Figura 5.1 y Figura 5.2), el cual está determinado por un área de aproximación a la intersección libre de obstáculos, y permite, a los conductores que acceden simultáneamente, verse unos a otros y observar la intersección a una distancia tal que sea posible evitar una colisión. Las dimensiones de este triángulo están dadas por la velocidad de las vías intersecadas, la geometría de la intersección, el tipo de tránsito y el tipo de control que haya, además, se debe tener en cuenta el alineamiento horizontal y vertical de cada una de las vías. Existen 2 tipos de triángulos de visibilidad: de aproximación y de visibilidad de salida: El de aproximación es cuando el conductor de una vía secundaria está en movimiento y el de salida es cuando el conductor de la

vía secundaria acelera desde la posición de parada. En intersecciones oblicuas (con un efecto de esviaje en el cruce) desde que sea técnica y económicamente factible se debe optar por una rectificación de los ángulos de cruzamiento. Se consideran inconvenientes los ángulos inferiores a 60° o superiores a su suplemento. El triángulo mínimo de visibilidad que se considera seguro, corresponde a la zona que tiene como lado sobre cada vía una longitud igual a la distancia de visibilidad de cruce.

(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.169-170; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.233).

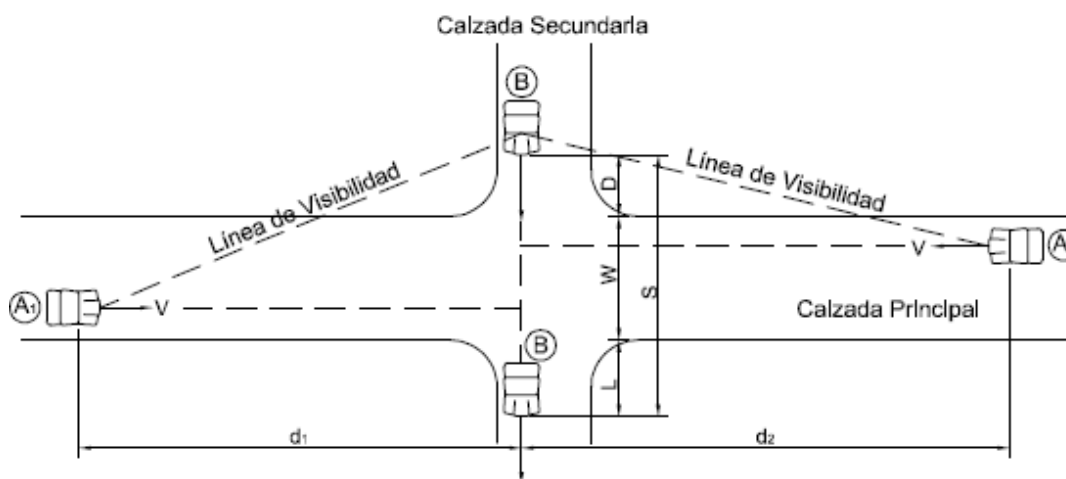


Figura 5.1. Triángulo de visibilidad.

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008.

$$d = 0.278 \times V_e \times (t_1 + t_2)$$

Donde:

d: Distancia mínima de visibilidad lateral requerida a lo largo de la calzada principal, medida desde la intersección, en metros. Corresponde a las distancias d1 y d2.

Ve: Velocidad Específica de la calzada principal, en km/h. Corresponde a la Velocidad específica del elemento de la calzada principal inmediatamente antes del sitio de cruce.

t1: Tiempo de percepción – reacción del conductor que cruza, adoptado en dos y medio segundos (2.5 s).

t2: Tiempo requerido para acelerar y recorrer la distancia S, cruzando la calzada principal, en segundos.

$$S = D + W + L$$

Donde:

D: Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la calzada principal, adoptada como tres metros (3.0 m).

W: Ancho de la calzada principal, en metros.

L: Longitud total del vehículo, en metros.

- El triángulo de visibilidad en intersecciones oblicuas sigue manejando el mismo principio solo que los catetos que lo conforman serán más cortos o largos con respecto a una intersección en ángulo recto según los ramales que conforman dicha intersección. En este tipo de intersecciones la longitud de las distancias de visibilidad de cruce se incrementará. El área en cada triángulo visual debe estar libre de obstrucciones visuales. Se deben manejar los controles viales de Ceda el Paso y PARE. Se debe tener cuidado con la señalización ya que, en el ángulo obtuso, los conductores pueden ver fácilmente todo el triángulo visual y generalmente aceleran desde la vía secundaria a una tasa más alta que cuando lo hacen en un cambio de dirección de noventa grados. Asimismo, en el cuadrante de ángulo agudo, los conductores son un poco más cautos y merman la velocidad ya que requieren girar mucho sus cabezas para ver a través de todo el triángulo visual despejado. (Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial, 2010)

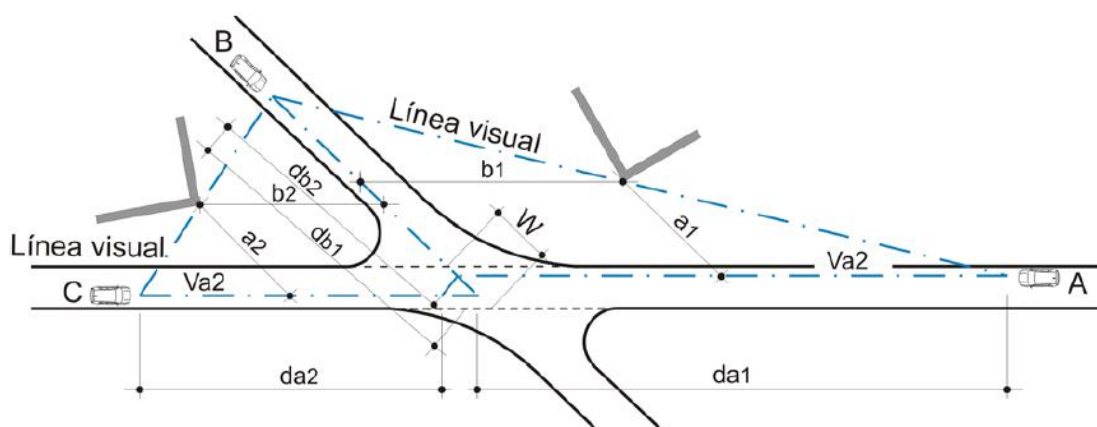


Figura 5.2. Triángulo de visibilidad en intersecciones oblicuas.

Nota: Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial. DNV

5.4 LÍNEAS DE FLUJO

Una línea de flujo es una trayectoria con origen y destino definido que ayuda a comparar alternativas, definir las zonas de conflicto, interpretar la trayectoria de la corriente vehicular, analizar las características geométricas de la vía, la señalización, entre otros. Las zonas de conflicto son los nodos donde se intersecan las líneas de flujo y muestran los movimientos de los vehículos en las intersecciones.

Una de las mayores utilidades de las líneas de flujo es hacer una conceptualización de las intersecciones y analizar cómo hacerlas más eficientes para que den solución a la mayor cantidad de movimientos. Los accesos se deben numerar en el sentido de las manecillas del reloj, con las letras del alfabeto. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.247).

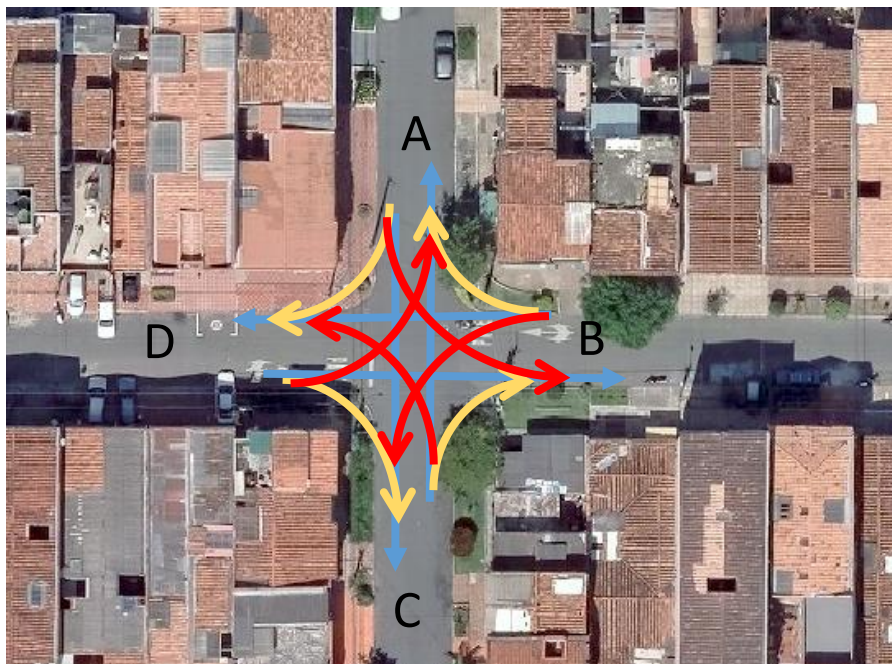


Figura 5.3. Líneas de flujo.

La cantidad de flujos posibles (FP) está determinada por el número de ramales multiplicada por el número de accesos menos uno; $FP = N(N-1)$; siendo N la cantidad de accesos. Además, la eficiencia de la intersección está dada por la cantidad de flujos resueltos, sobre la cantidad de flujos posibles. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.247).

5.5 ZONAS DE CONFLICTO Y MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS

Los movimientos que realizan los vehículos son las trayectorias que hacen cuando entran o salen de una intersección, estos determinan las zonas de conflicto vehículo-vehículo, e inclusive vehículo con otros modos u otros modos entre ellos. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.249).

A continuación, se describen los movimientos de convergencia, divergencia y entrecruzamiento:

5.5.1 Convergencia

Es la unión de dos o más flujos vehiculares para formar un solo flujo. Este conflicto genera un reto por el uso de la vía generando una zona de conflicto la cual debe ser minimizada con una geometría o señalización (prioridad de la vía) que disminuya los impactos del conflicto. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.249).

Algunos tipos de convergencias:

- Convergencias por la izquierda: el movimiento convergente accede por el lado izquierdo de la calzada principal. Lleva carril de aceleración si la diferencia de velocidades entre ramales es mayor a 20 km/h. Son comunes en retornos e intercambiadores de calzadas.

- Convergencias por la derecha: el movimiento convergente accede por el lado derecho de la calzada principal. Lleva carril de aceleración si la diferencia de velocidades entre ramales es mayor a 20 km/h. Son el tipo de convergencia más común.
- Convergencia con cuña de incorporación: no incluye carril de aceleración sino un área de transición para la incorporación al flujo principal. Generalmente es un lazo que accede directamente a la calzada principal mediante la señal de ceda el paso.
- Convergencia con adición de carril: esta convergencia genera un nuevo carril desde el punto del conflicto en adelante. Es ideal si se requiere aumentar la capacidad de la vía.
- Convergencia de ramales: Puede presentarse de varias formas: con la misma cantidad de carriles de entrada que de salida (situación ideal), con más carriles de entrada que de salida (situación que genera inseguridad vial, se debe limitar uno de los carriles sobrantes para mermar el conflicto).
- Convergencia con carriles escalonados: ocurre cuando a una vía principal converge una vía con dos carriles y cada uno tiene su propio carril de aceleración. Esta situación es ideal, pero demanda más espacio. Da más seguridad ya que el conductor alcanza progresivamente la velocidad de la vía principal.
- Convergencias de giros canalizados: son maniobras que aumentan el rendimiento de intersecciones a nivel (ejemplo: glorietas). Independizan una entrada con su respectiva salida. Se hacen con la señal de ceda el paso y evitan que se mezclen con otros movimientos.
- Convergencias desde retornos: se dan en los retornos y vienen acompañadas de carriles de incorporación.
(Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.251).

5.5.2 Divergencia

Es la separación de un flujo vehicular en flujos independientes, o la separación de un vehículo de una corriente principal. Si el carril divergente con respecto a la vía principal difiere en más de 20km/h la velocidad, se requiere carril de desaceleración. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.265-266).

Algunos tipos de divergencias:

- Divergencias por la izquierda: el movimiento divergente se separa por el lado izquierdo de la calzada principal. Son comunes en retornos e intercambiadores de calzadas.
- Divergencias por la derecha: el movimiento divergente se separa por el lado derecho de la calzada principal. Son el tipo de divergencia más común.
- Divergencia con cuña de incorporación: no incluye carril de desaceleración sino un área de transición para la incorporación al flujo secundario.
- Divergencia con eliminación de carril: esta divergencia elimina uno de los carriles de la vía principal volviéndolo en el carril de la divergencia. Esta divergencia debe ir acompañada de una buena señalización que indique la reducción del carril para evitar confusiones en los conductores. Generalmente afecta la capacidad de la vía principal.
- Divergencia de ramales: Puede presentarse de varias formas: con la misma cantidad de carriles de entrada que de salida, con más carriles de entrada que de salida.

- Divergencia con carriles escalonados: ocurre cuando de una vía principal diverge una vía con dos carriles y cada uno tiene su propio carril de desaceleración. Esta situación es ideal, pero demanda más espacio. Permite hacer una transición más gradual a la vía secundaria.
 - Divergencias de giros canalizados: son maniobras que aumentan el rendimiento de intersecciones a nivel (ejemplo: glorietas). Independizan una entrada con su respectiva salida. Se hacen con la señal de ceda el paso y evitan que se mezclen con otros movimientos.
 - Divergencias desde retornos: se dan en los retornos y vienen acompañadas de carriles de incorporación.
- (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.267-268).

5.5.3 Entrecruzamiento

Se da cuando 2 flujos vehiculares cruzan sus trayectorias sin la intervención de instrumentos de control. Generalmente viajan en el mismo sentido, se combinan, y luego se separan. También se puede presentar cuando existe una convergencia muy cerca de una divergencia. Existen tres características geométricas a tener en cuenta en los conflictos de entrecruzamiento. Longitud de entrecruzamiento: la longitud, la configuración (relación entre carriles de entrada y salida) y ancho (número de carriles). (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.282-283; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.192-193).

Hay un conflicto que se subdivide de este, o es más temporal que este y es el de CRUCE, y es cuando dos trayectorias ocupan temporalmente el mismo lugar y se combinan en un solo punto.

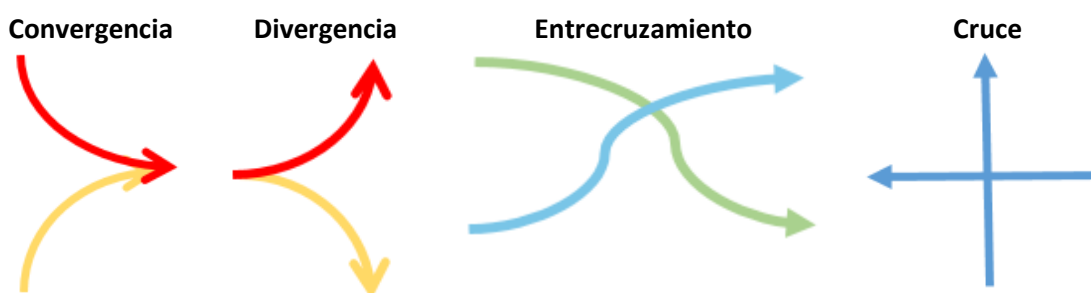


Figura 5.4. Conflictos en intersecciones.

En las Figura 5.5, Figura 5.6, Figura 5.7 y Figura 5.8 se muestran ejemplos de los tipos de conflictos en intersecciones:



Figura 5.5. Ejemplo convergencia.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.



Figura 5.6. Ejemplo divergencia.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.



Figura 5.7. Ejemplo entrecruzamiento.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.



Figura 5.8. Ejemplo de un cruce.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.

5.6 DISEÑO DE BIFURCACIONES

Las bifurcaciones son áreas en las que el tráfico se une o se separa de una corriente principal desde o hacia otra corriente. Una bifurcación reúne los conceptos de convergencia y divergencia. Debido a que son zonas de conflicto, deben tener un diseño seguro y cómodo. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.291).

5.6.1 Aspectos de diseño en planta

En el diseño en planta hay varios aspectos claves a tener en cuenta: los tipos, longitudes y anchos de los carriles (aceleración y desaceleración), las cuñas o zonas de transición, y los ejes.

Los ejes son fundamentales para un buen desarrollo posterior del diseño de rasantes y peraltes. Es recomendable que el eje del carril que hace la bifurcación (no el de la vía principal) se haga por el borde exterior y así facilitar los empalmes. Las características de los carriles de aceleración y desaceleración se mencionarán más adelante.

5.6.2 Aspectos de diseño en peralte

El desarrollo de peraltes en carriles de desaceleración y aceleración estará ligado al concepto de línea de contacto. Los peraltes de estos carriles deben ser iguales a los de la calzada contigua hasta donde la línea de contacto permita cambiar gradualmente el peralte del ramal de giro. Debido a que en el diseño se dificulta hacer esa transición gradual se recomienda usar curvas espirales para hacer la transición cómoda y segura entre la vía principal y el ramal. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.296-297).

El peralte mínimo es 2% (condiciones de drenaje) y el máximo 6% (si es un ramal con una curva muy pronunciada, radio pequeño, puede haber excepciones hasta el 8%).

Hay varias formas para diseñar los peraltes en las bifurcaciones, todo depende de cuál sea el eje de pivote, y la longitud y ubicación de la línea de contacto.

5.6.2.1 Línea de contacto

Es la línea de borde de vía que es común a las dos calzadas que integran la bifurcación. Sirve de guía para el diseño de las rasantes y es un punto de control. Sobre esta línea se debe garantizar la misma altura tanto para la vía principal como para el ramal y así evitar montículos, depresiones o demás que influyan en la seguridad de los conductores y en un mal drenaje. La diferencia máxima de pendientes es del orden del 7%. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.297).

5.6.3 Aspectos de diseño en rasante

El conductor debe tener un amplio campo visible frente a él con el cual pueda evitar una colisión con un obstáculo. Las isletas deben ser siempre visibles para el conductor y no deben ser obstáculos, por ello, deben estar bien señalizadas tanto horizontal como verticalmente. Es recomendable evitar la coincidencia de bifurcaciones con curvas verticales convexas, ya que la visibilidad de los ramales se reduce y aumentan los incidentes. En el diseño vertical se debe tener cotas por el eje y por los bordes para garantizar una buena construcción. Las líneas de contacto deben tener cotas cada 5 m para garantizar la transición del peralte. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.300-301,312-313,342-343).

En términos generales existen 2 tipos de intersecciones: a nivel y a desnivel:

5.7 INTERSECCIONES A NIVEL

5.7.1 A prioridad

Estas intersecciones funcionan de tal manera que el flujo vehicular de la vía de menor jerarquía da el derecho de seguir transitando al flujo vehicular de la vía con jerarquía superior. (Arboleda, 2010, p.45).

Estas intersecciones se controlan por las señales reglamentarias SR-01 (PARE) o SR-02 (Ceda el paso). Ver capítulo 8. Estas intersecciones generalmente funcionan en configuraciones viales en forma de T, Y o con los 4 accesos siempre y cuando los volúmenes vehiculares o demás situaciones no ameriten semaforización. Ver capítulo 8.



Figura 5.9. Intersecciones de 3 ramas.

Nota: Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial. DNV

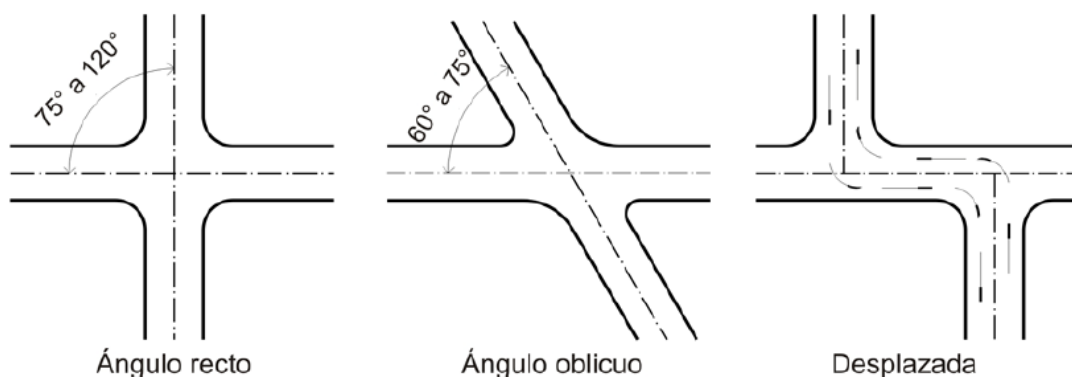


Figura 5.10. Intersecciones de 4 ramas.

Nota: Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial. DNV

En este tipo de intersecciones cobra mayor relevancia la distancia de visibilidad de cruce, y esta involucra el triángulo de visibilidad, el cual es una estrategia geométrica que permite a los conductores que entran a la intersección desde la vía secundaria tener una visibilidad libre de la vía principal, y puedan tomar

decisiones seguras de cruzar o no hacerlo. Estas intersecciones pueden ser canalizadas o sin canalizar dependiendo la cantidad y tipo de conflictos a resolver. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.175; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.315-317).

5.7.2 Retornos

Generalmente se usan en una doble calzada para devolver un flujo vehicular al sentido del que venía. Usualmente se toman los separadores para diseñar o construir estas conexiones. En Colombia es común hacerlos mediante giros izquierdos, acompañados de carriles de aceleración y desaceleración. Al ser maniobras de giros izquierdos son peligrosas en términos de seguridad vial, por esto, en otros países, los retornos se hacen mediante lazos elevados o deprimidos, pero siempre manteniendo la maniobra de giro a la derecha. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.310).

En los retornos (tradicionales) se debe garantizar que el vehículo de diseño no haga maniobras forzadas o invasiones de carriles adyacentes. Se debe hacer un diseño buscando concatenaciones que asimilen la trayectoria del vehículo de diseño, por este motivo el diseño no es un solo radio, sino una secuencia de arcos o espirales que se adecuen a esta trayectoria. Además, se debe garantizar el sobreancho para evitar invasiones del carril o el separador. Hay 2 tipos de retornos: “corbatín” y glorieta alargada.



Figura 5.11. Retorno tipo “corbatín”.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.



Figura 5.12. Retorno tipo glorieta alargada.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.

El tipo corbatín es aquel en los cuales los movimientos están totalmente independizados y no se cruzan, ejemplo, el Norte-Norte no se cruza con el Sur-Sur, y los separa una zona dura o verde en forma de corbatín ya que las vías colindantes forman las rectas y los giros de los retornos las puntas de este objeto. Son ideales en cuanto a la seguridad vial ya que cada uno cuenta con su respectivo carril de aceleración y desaceleración y no se mezclan los flujos, tiene la desventaja de que requiere más espacio y si el usuario por equivocación tomó uno de estos movimientos no existe manera de retomar el sentido anterior. El tipo glorieta alargada es aquel en el cual los movimientos están enfrentados, ejemplo, el Norte-Norte queda enfrentado con el Sur-Sur, los separa una zona dura o verde en forma ovoide o elipse ya que las vías colindantes forman las zonas achatadas y los giros de los retornos las puntas que cerrarían esta elipse. Este tipo de retorno requiere menos espacio, pero es muy común que haya un conflicto de entrecruzamiento entre los carriles de aceleración y desaceleración de cada uno de los retornos. Tiene un comportamiento de “glorieta” ya que si el usuario por equivocación tomó uno de estos movimientos puede seguir por la zona de entrecruzamiento de los carriles y tomar de nuevo el otro retorno y volver a su movimiento deseado.

5.7.3 Glorietas

Las glorietas son intersecciones que están basadas en la circulación de todos los vehículos por una calzada anular unidireccional, en la que convergen diferentes lazos, tiene una isla (isleta) central circular u ovaladas de diámetro mayor a 4 metros y funciona dándole prioridad a los vehículos que se encuentran dentro de la glorieta. El ancho de la isleta central varía entre 4m y 30m de diámetro dependiendo el espacio en el que se va a construir y sobre todo la capacidad de la glorieta. Esta isla esta acordonada por sardineles, y en su interior se puede acondicionar zona verde o algo de paisajismo, es decir, su segregación es física. Su velocidad de operación es aproximadamente 30 km/h. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.332-333).

Para dar una glorieta como solución a una intersección se debe contar con un estudio de movilidad, pero algunas consideraciones para tener en cuenta son:

- Debe existir cierta equivalencia entre todos los flujos en la intersección, especialmente entre los directos y los de giro a la izquierda.
- No debe haber demasiada asimetría entre los accesos.
- Las vías que confluyen no deben tener más de una calzada por sentido.
- Debe haber el suficiente espacio para la isla central y los ramales.
- El porcentaje de vehículos pesados no debe exceder el 15%.
- El terreno debe ser relativamente plano para garantizar distancias de visibilidad y evitar mayores conflictos viales.
- El diseño debe tener ángulos de entrada de 60° y de salida de 30°, preferiblemente, y curvas compuestas con radios de 30 metros aproximadamente (Radio mínimo recomendable de 20m).
- En vías arterias se sugiere glorietas a desnivel, en donde la calzada anular sirva exclusivamente para el manejo de giros izquierdos para no dañar la prelación ni la velocidad de la vía principal.
- Pueden servir como elemento distribuidor a la entrada de unidades residenciales o planes parciales.
- Son una buena solución si los giros izquierdos son un porcentaje importante de todos los movimientos.
- La isla central puede ser circular cuando las vías que se cruzan son equidistantes respecto al perímetro y tienen volúmenes similares. De lo contrario se recomienda de forma elíptica. Cuando son islas elipsoidales se recomienda que sean de baja excentricidad, ya que pueden aumentar la siniestralidad debido al incremento de la velocidad en los tramos rectos o de menor curvatura.
- El ancho de los carriles deberá incorporar los sobrecanchos correspondientes a su radio de giro. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.335; Arboleda, 2010, pp.49-50).

VENTAJAS

- Resuelve todos los movimientos posibles en la intersección, incluidos los retornos.
- Tiene mucha capacidad, puede soportar más de 6000 vehículos en la hora de máxima demanda.
- Permiten un ordenamiento de los flujos y en horas valle reducen los tiempos de demora en la intersección.
- Es de diseño versátil o dúctil, pueden tener nuevos ramales mediante leves modificaciones geométricas, o inclusive nuevos enlaces a desnivel.
- Reduce la cantidad y gravedad de incidentes en cuanto obliga a bajar la velocidad y a no permitir maniobras poco cautelosas.
- Hay siempre una distancia de visibilidad.
- Su funcionamiento siempre es el mismo.
- Reemplaza cruces directos, oblicuos o en cruz, por entrecruzamientos.
- Controla la velocidad de circulación.
- Reduce tiempos de espera en hora valle.
- Menor mantenimiento que el de una intersección semaforizada. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.334).

DESVENTAJAS

- Pérdida de prioridad de todas las vías que en ella confluyen.
- Alargamiento de los recorridos peatonales.
- No funciona bien cerca de intersecciones reguladas con semáforos.
- Aumento de choques leves por falta de pericia de los conductores.
- Aumento de la vulnerabilidad de los peatones y ciclistas.
- Se requiere gran extensión de terreno.
- Se requiere terreno plano.
- Lazos a capacidad plena complican su funcionamiento.
- No permite estacionamiento provisional.

(Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.334)

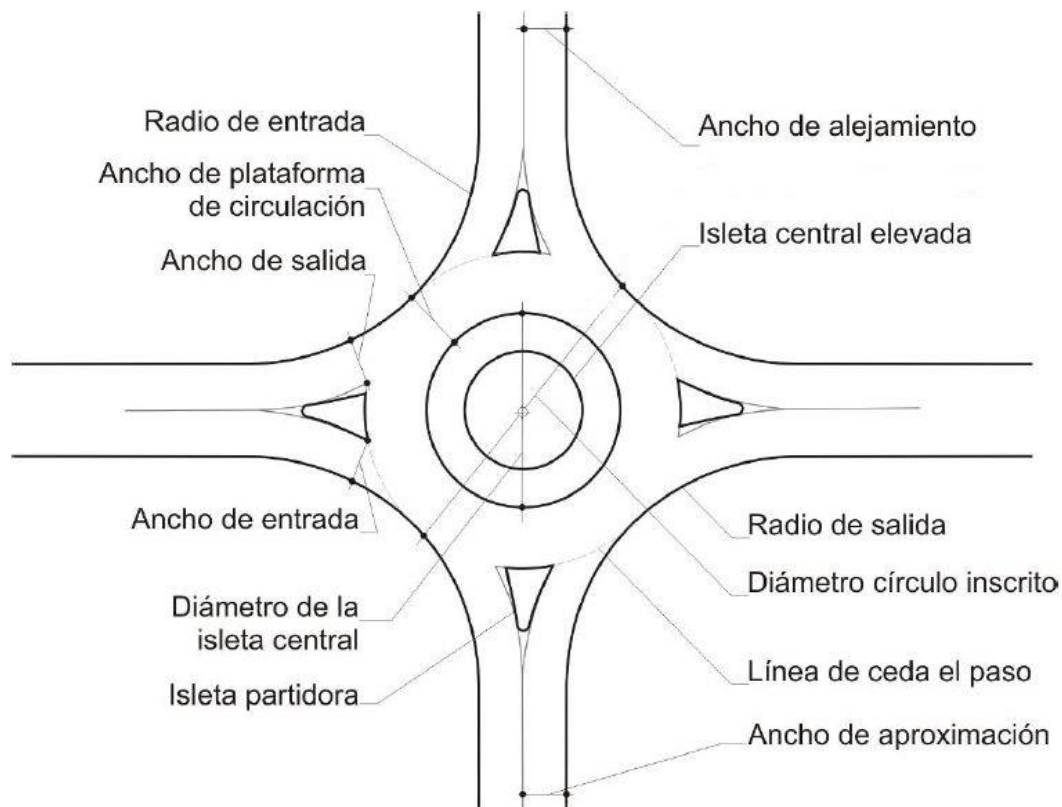


Figura 5.13. Elementos de una glorieta.

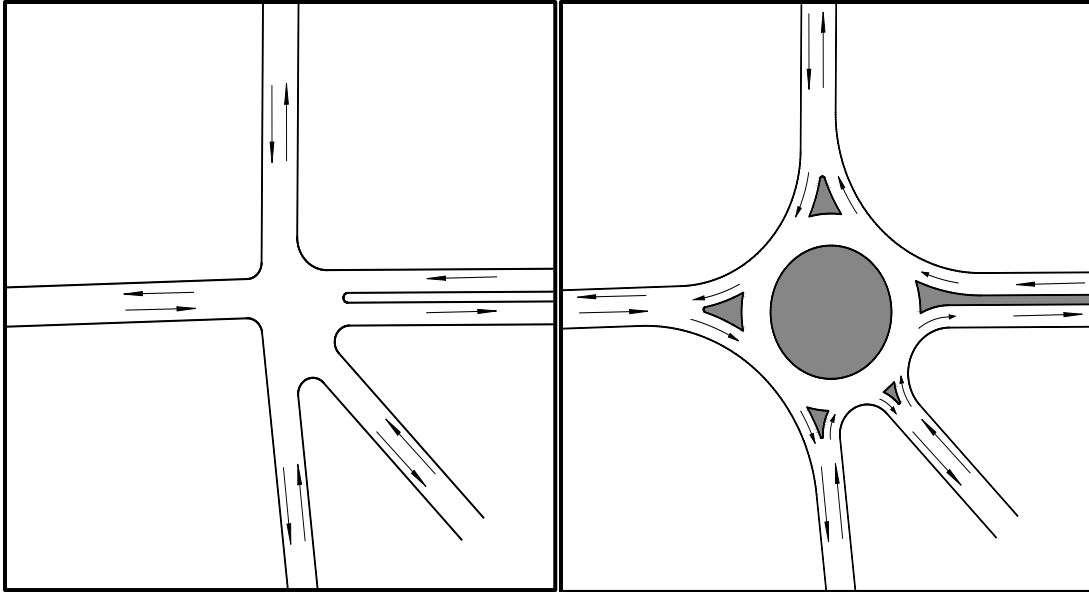


Figura 5.14. Solución de intersección con 5 accesos.

En la Figura 5.14 se muestra la solución de una intersección que tiene 5 accesos mediante una glorieta.

5.7.3.1 Partes de una glorieta

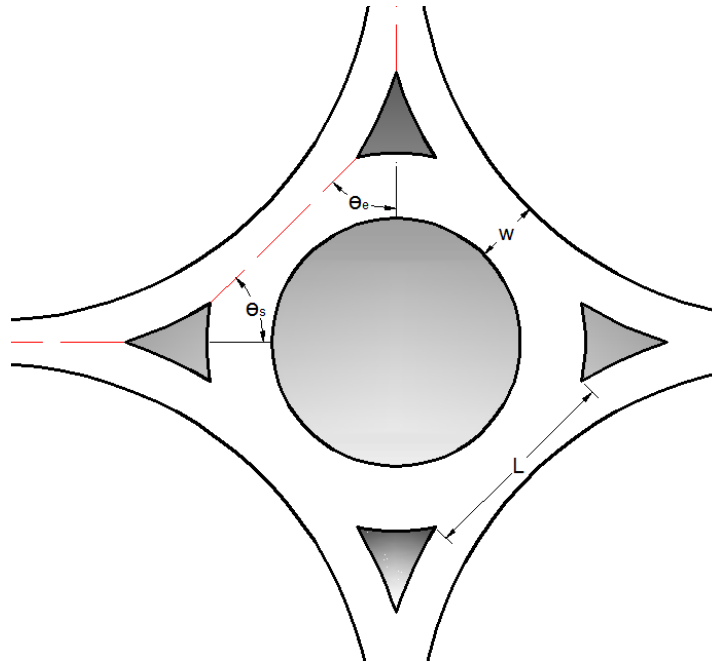


Figura 5.15. Partes de la glorieta.

Donde:

W = ancho en el punto medio

e =ancho promedio de las entradas

L =longitud de entrecruzamiento

θ_e =ángulo de entrada

θ_s =ángulo de salida

5.7.3.2 Aspectos del diseño en planta

Ningún ramal puede quedar de forma tangencial a la isleta central, es decir, con la entrada y la salida alineadas, sino que debe tener cierto ángulo y radio de entrada y salida para garantizar las prelacones. La alineación de los ramales debe hacer que confluyan a la isla central.

Ramales tangentes No deseables



Ramales en situación ideal



Figura 5.16. Glorieta en planta.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.

El ancho y número de carriles depende de la capacidad de las vías convergentes. El número mínimo de carriles debe ser igual al número de carriles del ramal más ancho. Como máximo debe tener 3 carriles, para más carriles deja de ser funcional debido a los conflictos que se presentan cuando el vehículo que está en el carril interno desea salir a uno de los ramales. El ancho de carril de los ramales debe tener en cuenta la continuidad del ancho de carril de la vía de la cual se desprende.

La separación entre un ramal de entrada y uno de salida debe ser mínimo 20 m. Cuando la distancia entre ramales es la mínima o menor se debe hacer una sola concatenación Espiral-Circular-Espiral y que sea tangente al eje de la calzada anular. Cuando es mayor pueden independizarse los diseños de los ramales.

Debe evitarse cualquier tipo de acceso (entradas) a cualquier tipo de bien o servicio dentro de la glorieta.

Se recomiendan las isletas para canalizar los ramales de entrada y salida. El ancho mínimo es 12 m en la zona tangencial a la vía de la glorieta, el ancho mínimo para paso peatonal 2 m. Longitud mínima 15 m (vías de una calzada bidireccional).

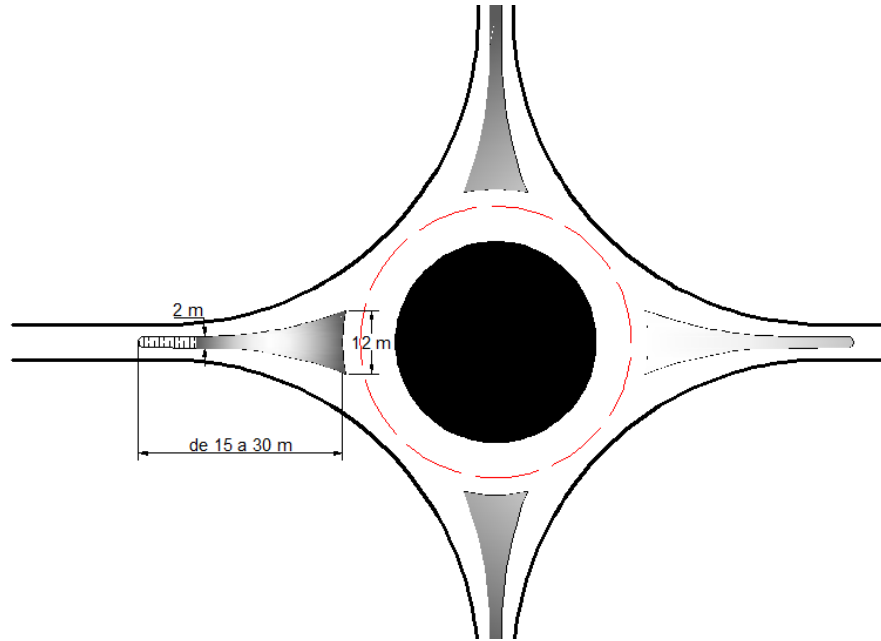


Figura 5.17. Glorieta en planta.

Se debe diseñar giros a la derecha canalizados si el volumen para estos giros es de al menos 300 veh/h o más del 50% del total del ramal de entrada. Cuando estos giros se diseñen, deben estar canalizados en todo su desarrollo mediante isletas de 2m de ancho mínimo para garantizar refugio peatonal y ciclista. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.341).

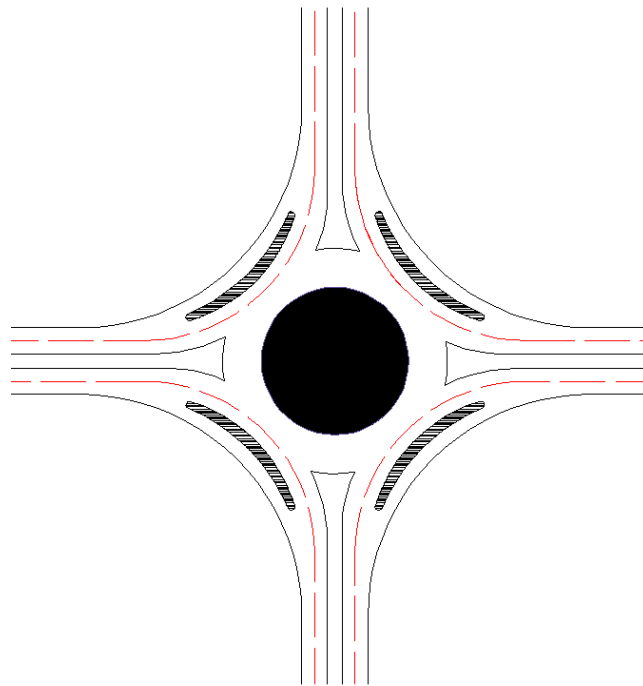


Figura 5.18. Glorieta con giros derechos canalizados.

5.7.3.3 Aspectos del diseño en rasante

Debe haber un buen manejo de los empalmes de los perfiles longitudinales y de los peraltes entre la vía de la rotonda y los ramales para evitar condiciones inseguras y de incomodidad (empozamientos).

El peralte de la calzada anular está limitado a generar un buen empalme con los peraltes y perfiles de los ramales y a permitir un buen drenaje de la glorieta. Se maneja un peralte máximo del 3%. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.342).

En calzadas de un solo carril se acostumbra un peralte hacia el exterior de la calzada anular. Para dos o más carriles se recomienda un peralte hacia el interior para los 2/3 internos de la calzada anular y el tercio restante hacia el exterior. La inclinación máxima relativa de los bordes respecto al eje es del 1.0%.

Para el perfil longitudinal se recomienda una pendiente máxima del 3% en ascenso y del -6% en descenso. Para los accesos se recomienda una pendiente del 4%. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.343).

Para el diseño de la rasante se utiliza la línea de corona ubicada normalmente a 2/3 del ancho total del borde de la isleta central.

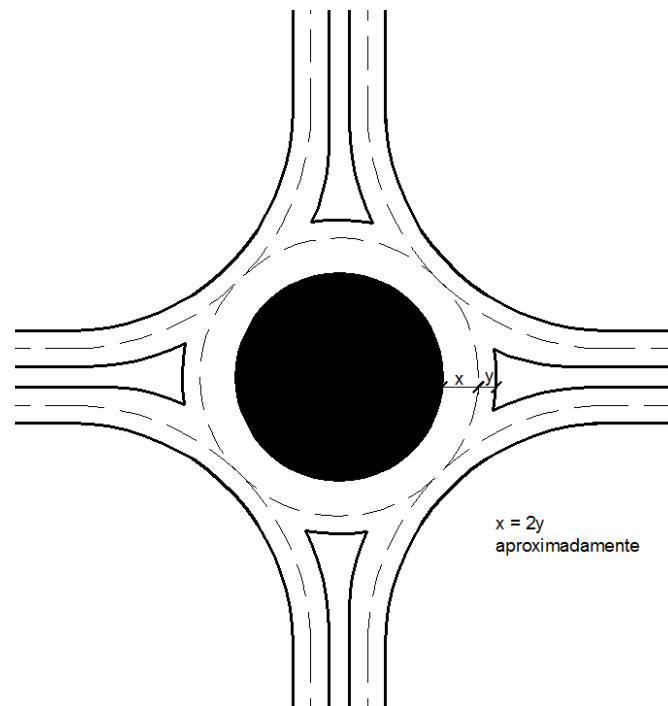


Figura 5.19. Línea de la corona en la glorieta.

En cuanto a las distancias de visibilidad, se debe garantizar una zona libre de obstáculos que garantice a los conductores a partir de la línea de ceda el paso al lado derecho tener la visión del área definida por su trayectoria y al lado izquierdo poder observar la calzada anular. En la zona verde de la isleta central no debe haber plantas de gran altura u otros elementos que puedan interferir con la visibilidad. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.343).

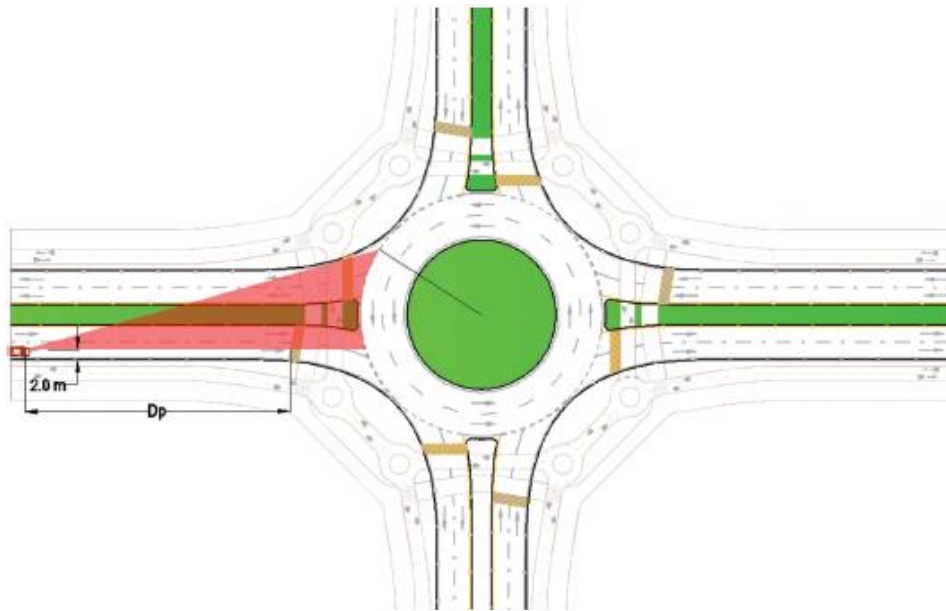


Figura 5.20. Triángulo de visibilidad en las glorietas.

Nota: Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C.* p.344

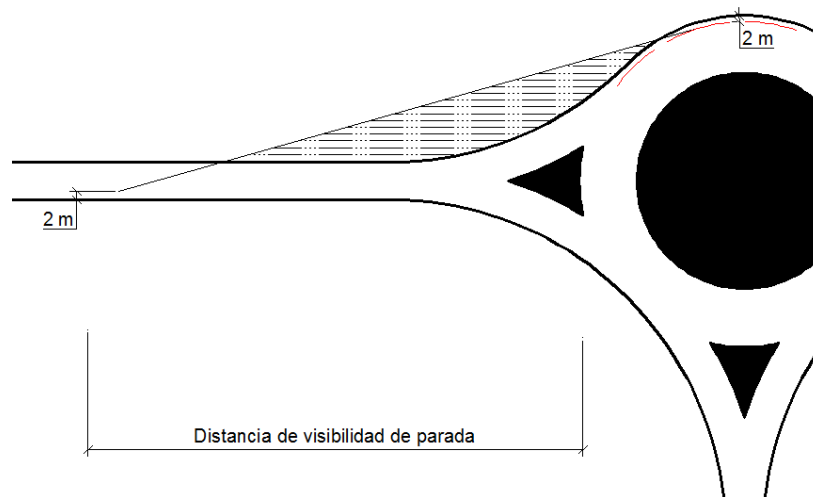


Figura 5.21. Zona libre de obstáculos.

Se recomienda la existencia de una zona despejada en todas las aproximaciones a la glorieta. Se debe garantizar desde todas las entradas la visibilidad hasta la entrada anterior o a una distancia de 50 m. hacia la izquierda. Hacia la derecha también se debe disponer de la visibilidad hasta la siguiente salida o una distancia mínima de 50 m. En las Figura 5.22, Figura 5.23 y Figura 5.24 se muestran los esquemas de estas distancias:

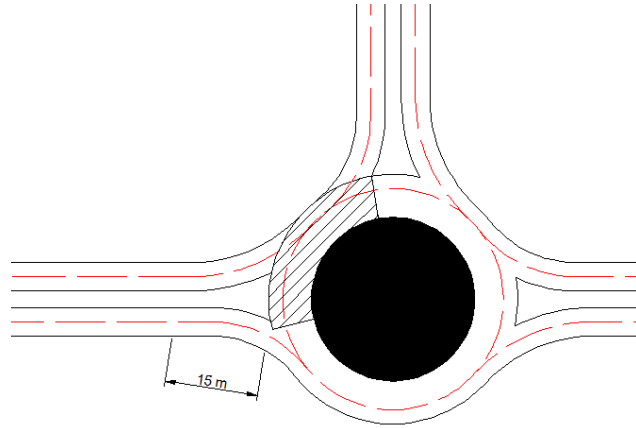


Figura 5.22. Visibilidad hasta entrada anterior.

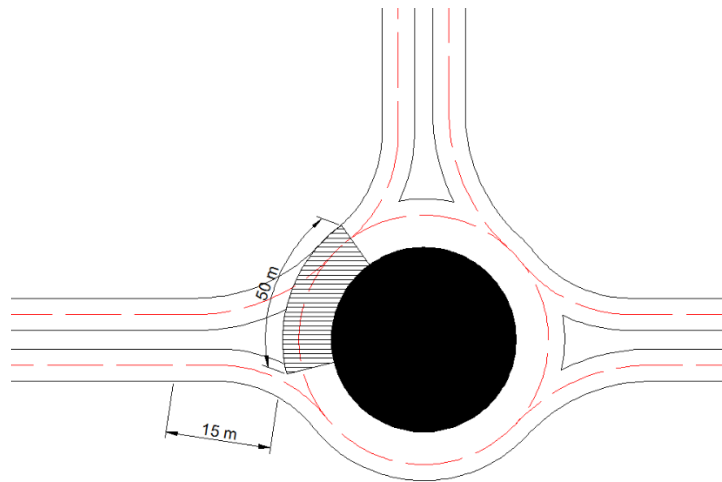


Figura 5.23. Visibilidad hasta 50 m hacia la izquierda.

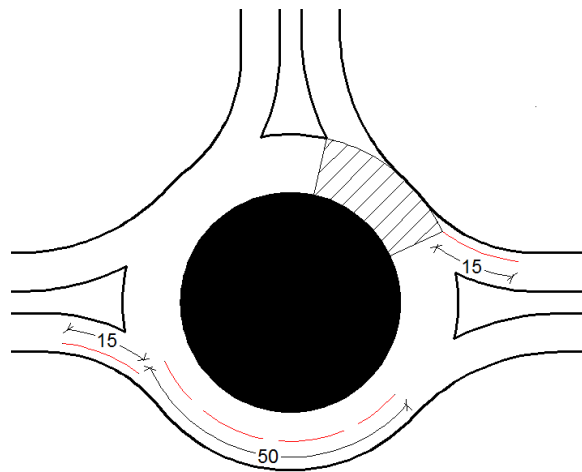


Figura 5.24. Visibilidad hasta 50 m hacia la derecha.

Igualmente se debe tener una visión completa de todo el ancho del paso peatonal de la próxima salida a una distancia igual o superior a la visibilidad de parada.

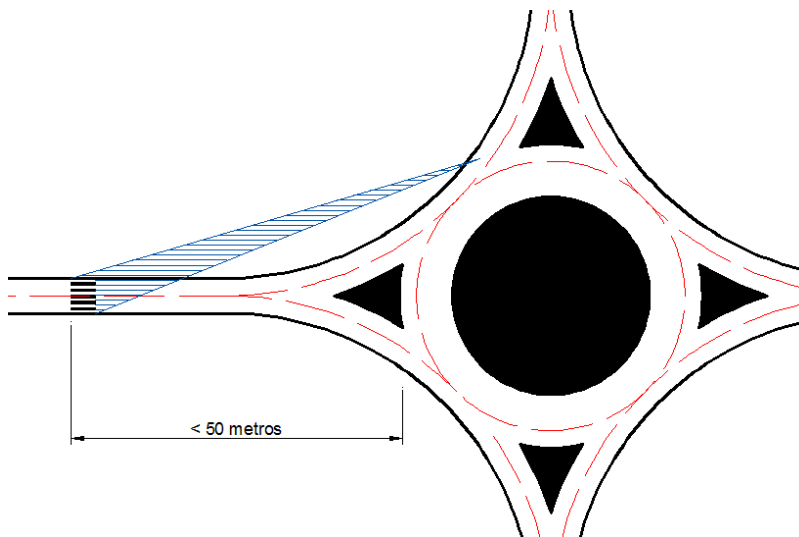


Figura 5.25. Visibilidad hacia paso peatonal.

La isleta central debe de estar libre de obstáculos que impidan la visibilidad de la calzada anular hasta la siguiente salida o mínimo 50 m.

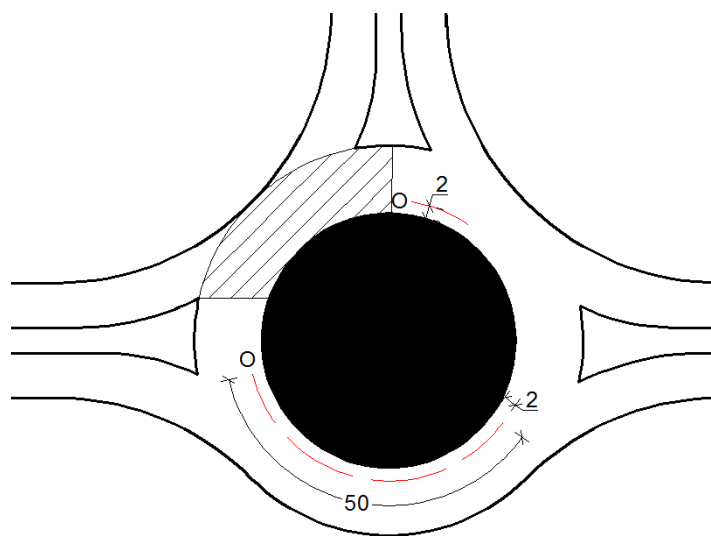


Figura 5.26. Visibilidad dentro de la glorieta.



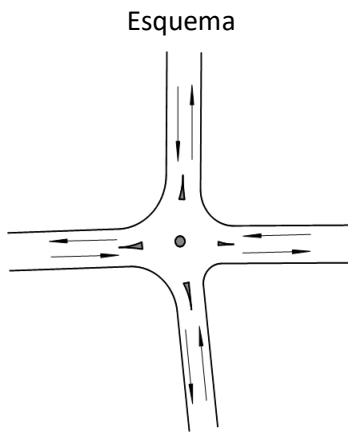
Figura 5.27. Ejemplos de adecuada visibilidad en las glorietas.

Nota: Google Maps. (2019). Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/2ZqgvdQ>; Google Maps. (2019). Sabaneta, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3quiTw2>.

TIPOS DE GLORIETAS

5.7.3.4 Miniglorietas o glorietas virtuales:

Son aquellas con diámetros menores a 4 m. La isla central es traspasable, demarcada con pintura y estoperoles o boyas. Es aconsejable en cruces de vías locales o donde se requiera la disminución de velocidades a 10 km/h. Para su implementación no debe existir tráfico de carga ni transporte público. Su funcionamiento es exactamente igual al de una glorieta convencional, y se deben manejar las mismas prioridades y el mismo respeto entre actores viales. El nombre “virtual” es sólo porque su segregación no es física, pero sigue manejando la misma operatividad. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.332).



Ejemplo Glorieta Virtual



Figura 5.28. Glorieta virtual.

Nota: Google Maps. (2019). Envigado, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3bgLNcB>

5.7.3.5 Glorietas partidas y semaforizadas:

Son glorietas en cuanto a que son vías perimetrales a un anillo central, pero no funcionan como glorietas, ya que la prioridad está dada por dispositivos electrónicos como los semáforos y no por el flujo natural de

los vehículos que entran y salen de la glorieta. La prioridad de circulación no la tiene la calzada anular, ya no se obliga a ceder el paso en los accesos. La prioridad estará en la vía principal que atraviesa la glorieta. Por seguridad vial, tránsito y manejo peatonal, se recomienda que estén semaforizadas. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.333).

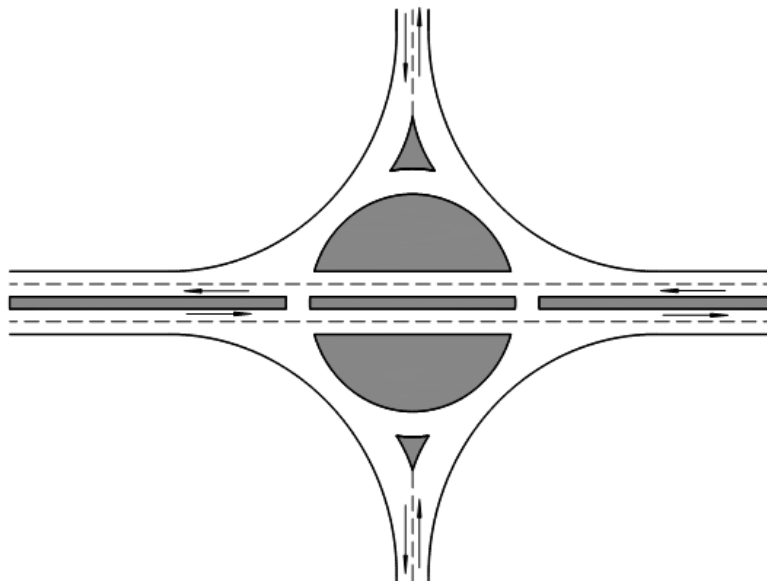


Figura 5.29. Glorieta partida.



Figura 5.30. Glorieta Semaforizada.

Nota: Google Maps. (2019). Avenida 80: Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3s5vGW7>

Otros tipos de glorietas son:

- *ANULAR*

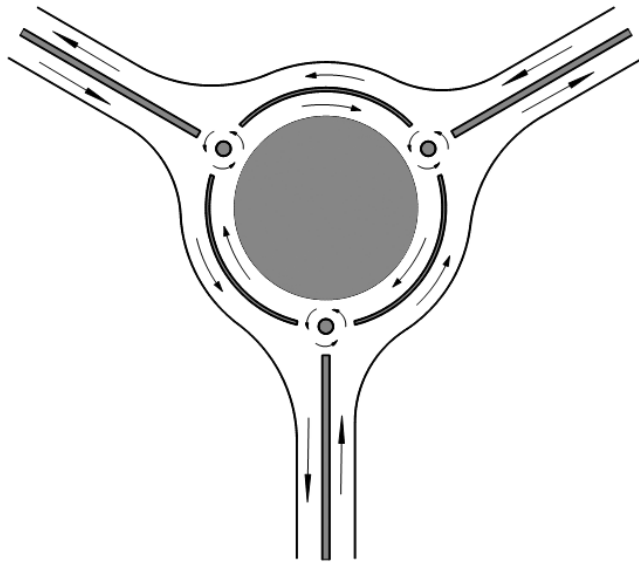


Figura 5.31. Glorieta Anular

- *DOBLES*

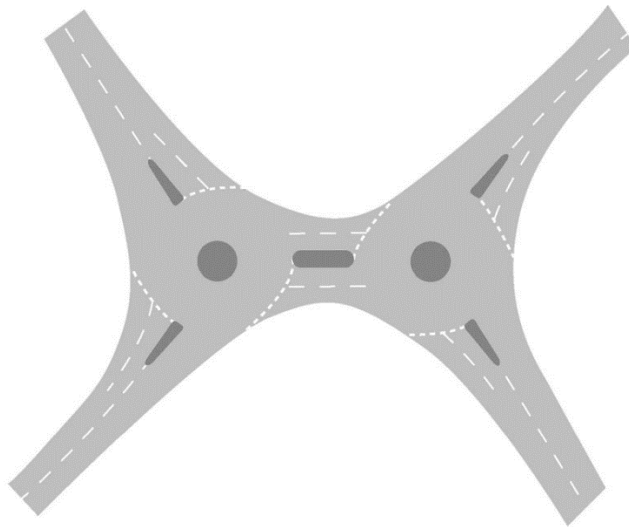


Figura 5.32. Glorieta Doble

- *DESNIVELADA (Ver numeral 5.9.1)*

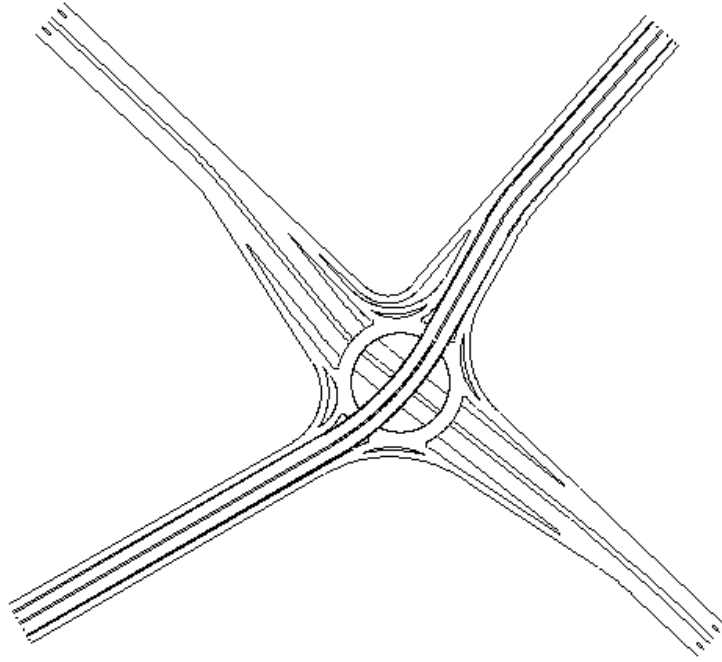


Figura 5.33. Glorieta Desnivelada

- *DOBLE DESNIVELADA*

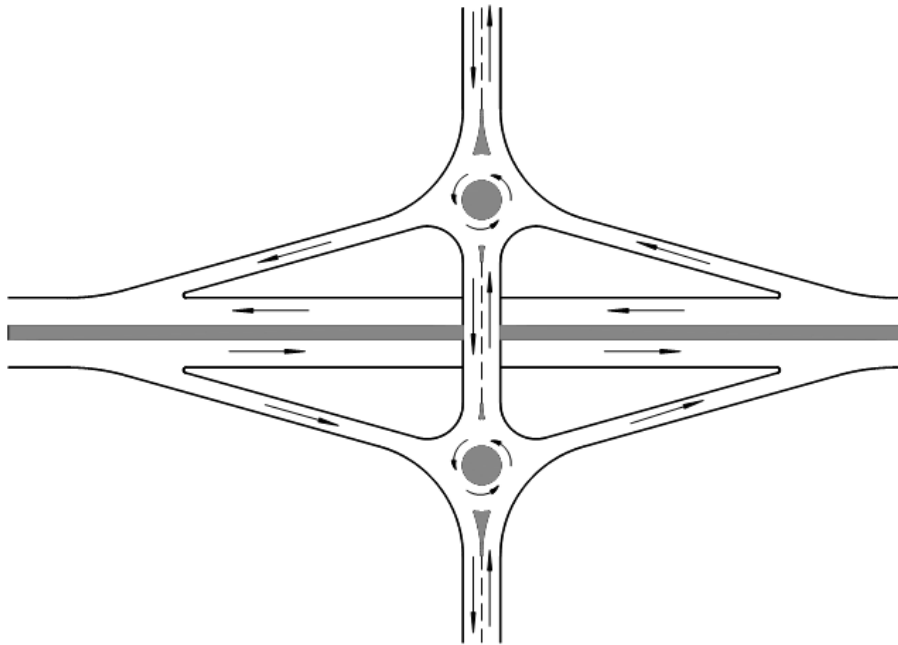


Figura 5.34. Glorieta Doble Desnivelada

5.7.4 Isletas

Son elementos esenciales para el manejo y separación de conflictos y áreas de maniobras en las intersecciones. Sus objetivos son guiar el movimiento de los vehículos, servir de refugio a los peatones y generar en ocasiones una zona para la ubicación de la señalización y la iluminación, separar conflictos, reducir el área de pavimento “muerta” y generar más espacio público, favorecer giros predominantes, prohibir maniobras, entre otros. Mediante las isletas que delimitan el área que no debe ser pisada por los vehículos en una intersección, se obtiene una disposición adecuada de los puntos de conflicto, así como una separación conveniente entre ellos. Las isletas pueden ser elevadas con bordillos en concreto o pueden ser simplemente delimitadas con pintura (no físicas); para estas se recomienda el uso de boyas y estoperoles. Deben estar muy bien señalizadas para advertir al conductor de su presencia y evitar así que se conviertan en objetos con los que se pueda colisionar. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.179; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.306-307; Arboleda, 2010, p.99).



Figura 5.35. Tipos de isletas según su material de construcción.

5.7.4.1 Consideraciones generales

- Cuando haya una isleta, el ancho mínimo del carril que genera debe ser 4.50m
- El ancho mínimo de las isletas que dividen flujos opuestos es de 2.40 m. Este ancho permite que los peatones crucen de forma segura estos flujos.
- El área mínima para una isleta es de 4.50 m², preferiblemente 7.0 m². (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.179)
- La dimensión de las isletas está condicionada por las consideraciones que se vayan a tener para peatones y ciclistas.
- Las narices (los extremos de las isletas) deben tener un ochave de forma tal que sean elementos seguros para los conductores y no elementos contundentes. Este ochave debe tener un radio mínimo de 0.50 m para las salidas y mínimo de 1.0 m para los ingresos.
- Los extremos de entrada (narices) deben de estar precedidos por marcas gradualmente ensanchadas que adviertan al conductor y lo guíen hacia la trayectoria correcta de circulación.
- El diseño debe ser tal que se adapte a la trayectoria natural de los vehículos y que no constituya un riesgo para los conductores.
- Un buen diseño de una o varias isletas que canalicen el tránsito de manera segura y ordenada en una intersección puede evitar el uso de semáforos.

- El interior de las isletas puede ser de concreto o relleno con tierra. Si se decide plantar es recomendable utilizar arbustos bajos que no obstruyan la visibilidad.
- Los bordillos no remontables deben tener la cara externa vertical o una inclinación de menos de 20 grados con respecto a la vertical de modo que los vehículos no se suban sobre estos.
- Cuando se utilizan estoperoles estos deben sobresalir de 2.5 a 7 centímetros por encima del nivel de la calzada de modo que si un vehículo entra en la zona demarcada este no resulte averiado ni ocasione la pérdida de control.
- Las isletas deben estar acompañadas de la suficiente iluminación nocturna de modo que se pueda observar el contorno general de esta y de las trayectorias inmediatas que deben seguir los vehículos.
- Se recomienda que los bordillos sean pintados en su cara lateral para que puedan ser visualizados.

5.7.4.2 Clasificación

a. Isletas divisorias o separadoras

Predominan las de forma de lágrima y se emplean principalmente en vías sin separador con el fin de indicarle al conductor la proximidad de una intersección la cual está regulada por la misma isleta. Quiere decir, que ésta debe tener una longitud tal que sirva tanto para regular el tránsito en la intersección como para advertir su presencia. De igual manera son de gran utilidad para facilitar los giros izquierdos en intersecciones con ángulos oblicuos. Se pueden utilizar tanto para dividir sentidos de circulación opuestos como para separar carriles del mismo sentido y generalmente requieren de la ampliación de sus accesos por lo que en tramos rectos se debe hacer un diseño adecuado radios amplios de modo que no genere distorsión en los bordes de la vía. En tramos curvos se debe aprovechar la curvatura de la vía para no generar curvas inversas.



Figura 5.36. Isleta separadora.

En la Figura 5.37 se tienen varias isletas separadoras. La isleta A además de separar el flujo permite un giro izquierdo mientras que la B y la D solo separan el flujo en sentidos opuestos. Por su parte la isleta C separa el flujo de carriles en el mismo sentido y a la vez actúa como isleta canalizadora y de refugio. Nótese además que la isleta B sirve de refugio para los vehículos que cruzan la intersección en las direcciones norte – sur y sur norte. Puede observarse entonces la importancia del uso de las isletas en una intersección en cruz con posibilidad de varios movimientos.

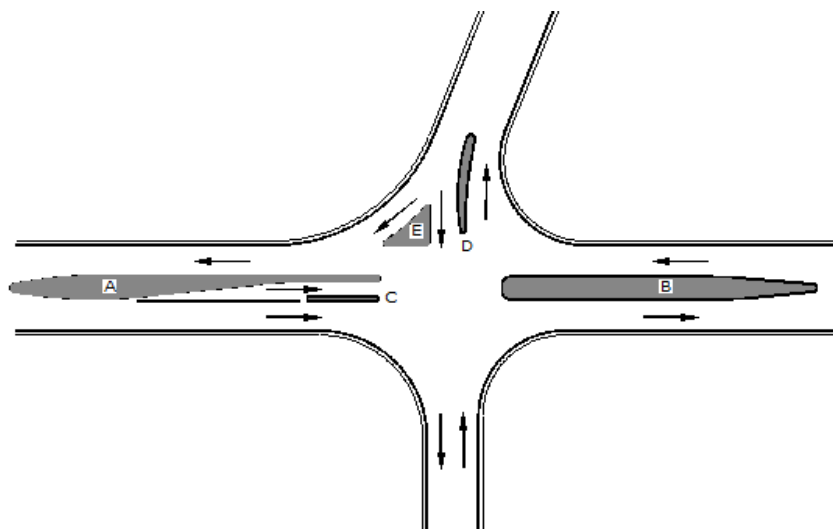


Figura 5.37. Isletas separadoras.

Se usan principalmente en la intersección de una vía principal con una vía secundaria o la intersección de dos secundarias y de modo que los volúmenes lo ameriten, de lo contrario se pueden remplazar con líneas de pavimento siempre y cuando se garantice un buen funcionamiento. Por ejemplo, la isleta D de la Figura 5.37 evita que se realicen maniobras falsas o peligrosas en el momento de tomar la vía principal o de dejar esta. De acuerdo a las condiciones se podría reemplazar por una línea central continua sobre el pavimento.

Las isletas A y B deben de ser diseñadas de modo que permita a los vehículos una circulación cómoda y segura, es decir que no requiera de movimientos bruscos y que se pueda observar a una distancia tal que permita identificarlo, principalmente en horas de la noche. Se debe entonces utilizar la señalización apropiada y evaluar la distancia de visibilidad en el caso de que exista la presencia de una curva vertical.

En carreteras con volúmenes medios iguales o superiores a 2000 vehículos por día se debe conservar el ancho de los carriles para ambos sentidos de circulación. Esto significa que se debe de ampliar hacia los lados y no como en el caso de la Figura 5.37 donde la dirección este – oeste y oeste – este presentan un estrechamiento en su calzada.

Cuando se prolongan durante un tramo muy largo de la vía, es decir se vuelven continuas dejan de ser una isleta y se denomina separador.

En la Figura 5.38 se tienen las isletas A y B donde se conserva el ancho de la calzada y se utiliza pintura en los extremos para advertir su presencia. Acá la isleta D se ha reemplazado por una línea central en el pavimento ya que no existe el giro izquierdo que es el que más puede generar movimientos erróneos.

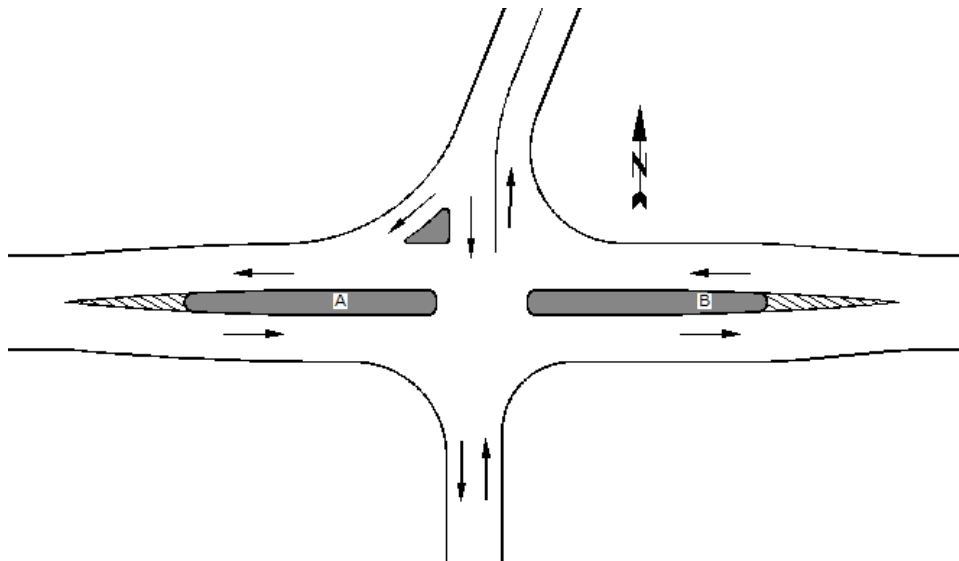


Figura 5.38. Isletas separadoras conservando ancho de calzada.

La transición de las isletas divisorias se debe de diseñar empleando radios amplios. Si el tramo es recto se pueden especificar dos curvas continuas de sentido contrario sin tramo recto entre ellas. Si la isleta se encuentra en un tramo curvo se pueden combinar curvas de diferentes radios de modo que se consiga el cambio de sección de una manera cómoda y segura (Figura 5.39). El radio mínimo recomendado para las transiciones es de 600 metros.

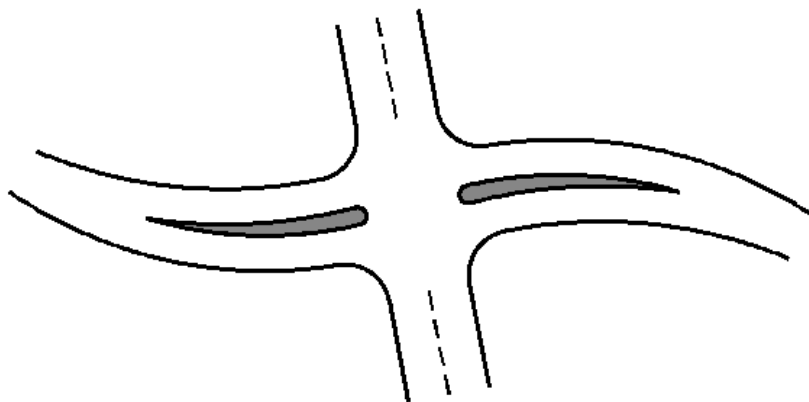


Figura 5.39. Isletas Divisoria en tramo curvo.

Las isletas divisorias deben tener un ancho mínimo de 1.0 metro y una longitud mínima de 6.0 metros. Si la isleta se emplea además como protección de vehículos que giran a la izquierda, como en la Figura 5.40, el ancho de esta debe ser de mínimo 3.6 metros de modo que permita acomodar un carril de 3.0 metros. En general las isletas divisorias deben de ser construidas de modo tal que no sea remontables. Cuando la isleta separa sentidos de circulación opuestos la nariz de la isleta elevada debe de estar hacia el lado izquierdo obligando de esta manera a desviar el tránsito hacia la derecha además de alejar el bordillo del borde de la calzada (Figura 5.40). Cuando los sentidos de circulación son iguales la nariz debe de ubicarse centrada.

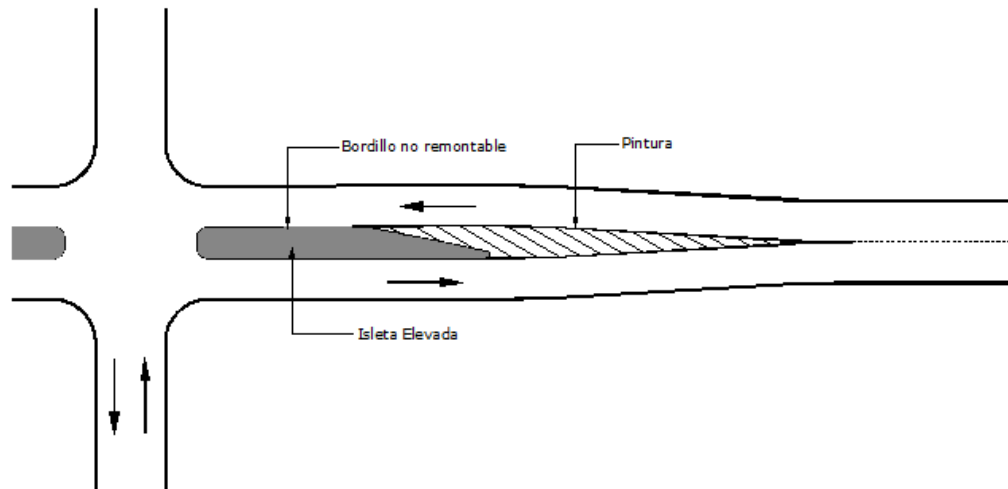


Figura 5.40. Transición de Isleta Divisoria.

b. Isletas canalizadoras

Su finalidad es guiar u orientar al conductor en el momento de este efectuar un movimiento determinado dentro de una intersección de modo que se haga de la manera más segura. En áreas amplias donde los movimientos o giros pueden ser confusos se recomienda el uso de estas. También son necesarios donde los movimientos o giros son importantes y presentan un alto volumen.



Figura 5.41. Isletas canalizadora

Nota: Google Maps. (2019). Avenida Nutibara: Medellín, Antioquia. Recuperado de <http://bit.ly/3eD6H93>

Deben de ubicarse de modo que el movimiento sea demasiado obvio, fácil de seguir y continuo y de tal manera que las corrientes en una misma dirección converjan con ángulos muy pequeños y los cruces se

hagan en ángulos cercanos a los 90 grados. Los contornos de estas pueden ser curvos o rectos, pero de modo que sean paralelos a la trayectoria que describen los vehículos. El radio de los tramos curvos de la isleta debe ser igual o mayor al mínimo radio de giro para las velocidades esperadas y el tipo de vehículo. La presencia de una isleta debe ser indicada mediante un ancho gradual demarcado.

La forma y tamaño de las isletas canalizadoras es muy variable y dependen básicamente de las condiciones y dimensiones de la intersección y de las características del tránsito. La forma más común es la triangular que permite canalizar el tránsito que gira a la derecha en una intersección. También pueden ser semicirculares como la isleta C.

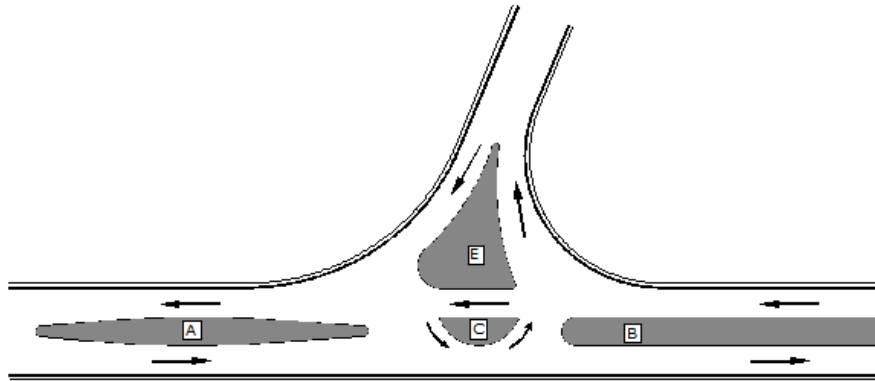


Figura 5.42. Isletas canalizadora

Cuando se diseña una isleta es importante tener en cuenta que la visión del conductor es diferente a como se observa en un plano, por tal razón la isleta debe ser lo suficientemente visible al conductor e indicar su presencia con una demarcación apropiada sobre el pavimento. Si la isleta se encuentra ubicada en medio de una curva vertical convexa (cima) se debe de estudiar las condiciones de visibilidad de modo que no genere sorpresas o accidentes. Las isletas canalizadoras triangulares deben tener una longitud mínima de lado de 2.4 metros, preferible 3, después de redondeadas las esquinas.

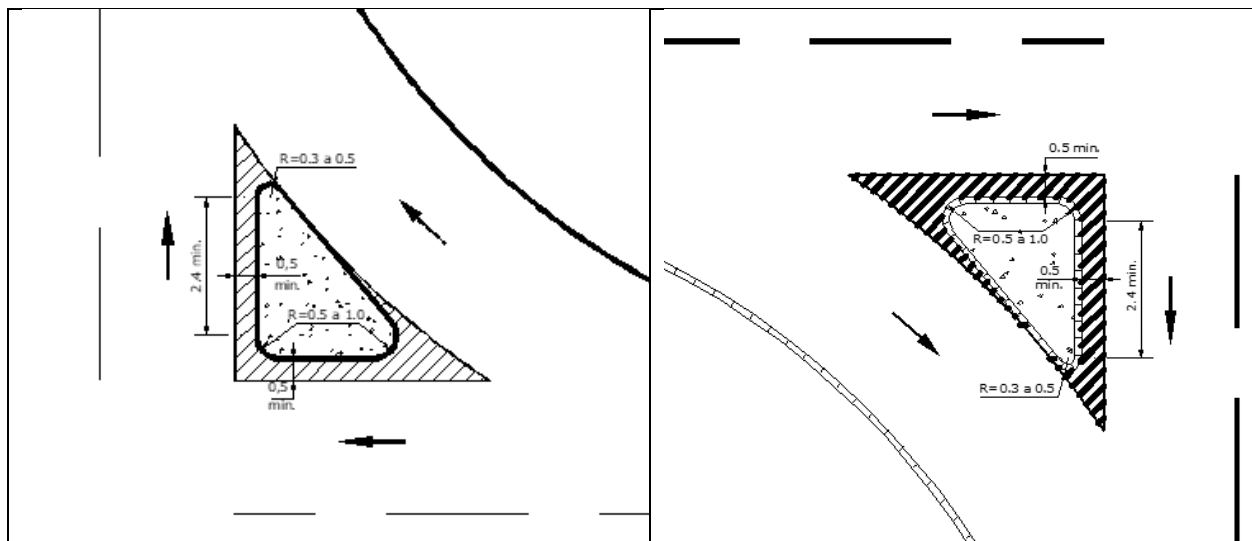


Figura 5.43. Dimensiones de una isleta canalizadora triangular.

En la Figura 5.43 se muestran las dimensiones de una isleta canalizadora triangular y un esquema de cómo debe realizarse la demarcación horizontal alrededor.

Existen intersecciones que debido a su alto número de ramales o movimientos requiere de varias isletas canalizadoras que pueden generar confusión en el conductor; en este caso se debe buscar el uso del menor número de isletas siendo preferible usar pocas de gran tamaño a muchas de tamaños pequeños.

c. Isletas refugio o de seguridad

La principal finalidad de las isletas refugio es proteger al peatón en vías de varios carriles de circulación y altos volúmenes de tráfico. Dado su carácter de seguridad requiere que sean construidas de manera física, no con pintura, sino con bordillos o de concreto. El ancho mínimo de estas debe ser de 1.0 m de modo que se pueda refugiar con seguridad el coche de un bebé o una persona en silla de ruedas. Por tal razón deben de estar dotadas de rampas o una zona al nivel de la calzada de modo que permita la circulación de estos actores.

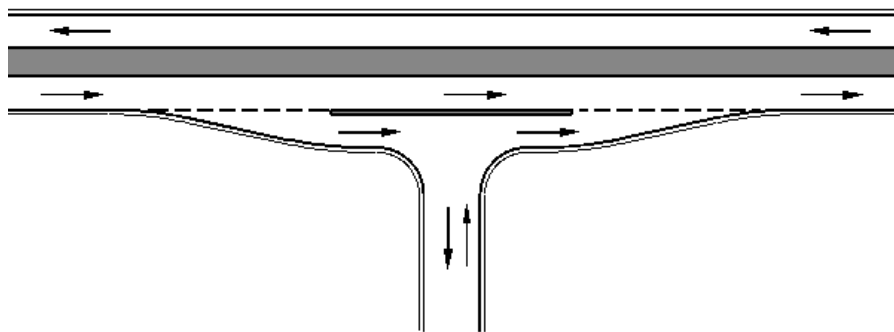


Figura 5.44. Isletas refugio y separadora

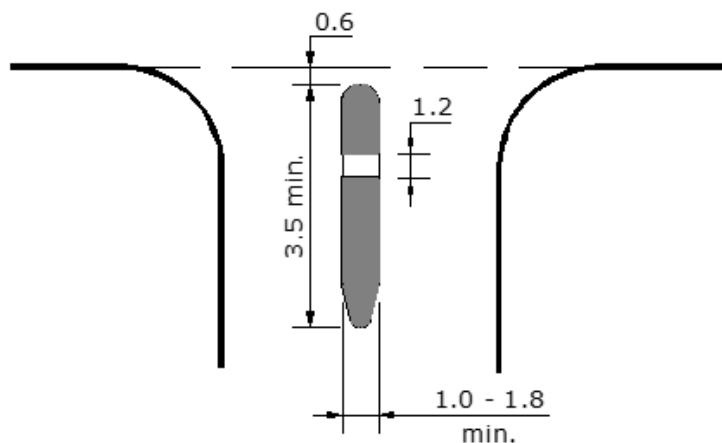
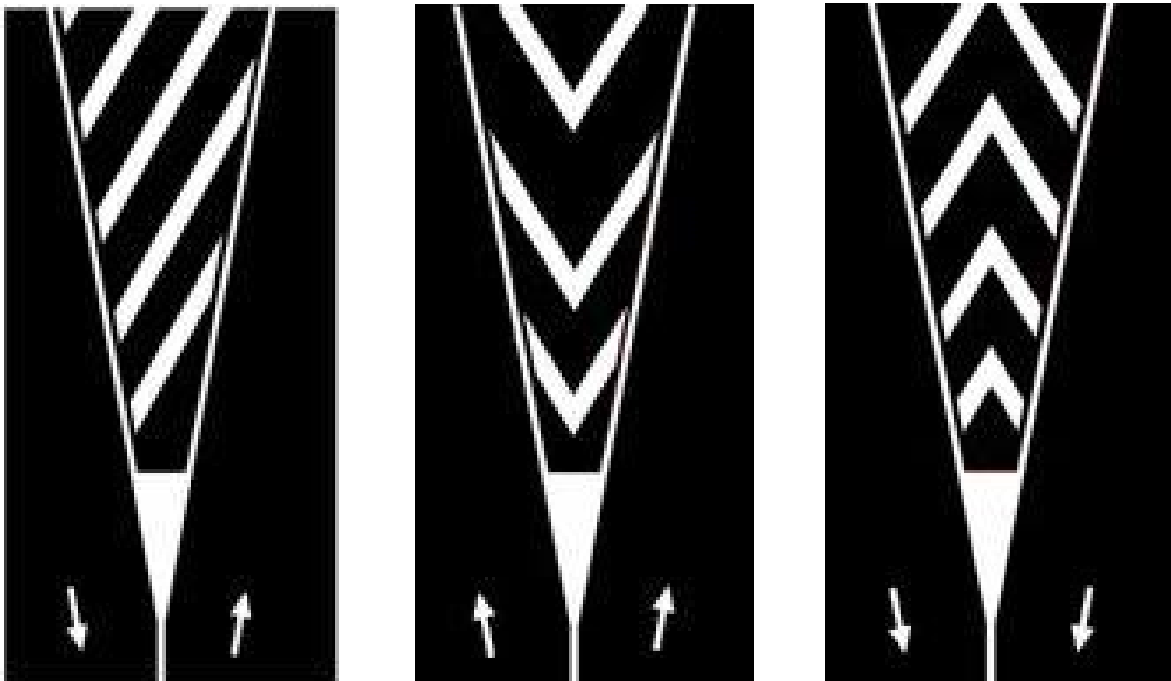


Figura 5.45. Dimensiones mínimas de isleta separadora

Se utilizan principalmente en zonas urbanas donde hay cruces peatonales o zonas de estacionamiento. Deben de ir acompañadas de la correspondiente demarcación de paso peatonal. En general se utilizan en los siguientes casos:

- Intersecciones de vías multicarril ya que el tramo a cruzar es muy ancho
- Intersecciones muy amplias o irregulares
- Intersecciones controladas por semáforos de modo que sirvan de refugio durante el cambio de las diferentes fases de estos.

Cuando se tienen isletas, se debe usar una adecuada demarcación horizontal indicando los sentidos vehiculares. En la Figura 5.46 se muestran los diferentes casos de demarcación; estos se pueden complementar en el numeral 8.3.6.1.



Doble sentido

Un solo sentido, divergente

Un solo sentido, convergente

Figura 5.46. Demarcación horizontal para las isletas

5.8 CARRILES ESPECIALES

Son carriles adicionales o ensanchamientos que se construyen con el fin de permitir cambios de velocidad, estacionarse, cambiar de calzada, o demás maniobras que no interfieran el tráfico de la vía principal, evitando congestiones y accidentes. (Agudelo, 2002, p. 274).

5.8.1 Carriles de aceleración

Son carriles diseñados para incorporarse desde una vía secundaria a una vía principal con la velocidad adecuada de esta última y esto sin crear traumatismos tanto en la vía principal como en la secundaria. Es un carril de transición de una velocidad menor a una mayor. Cuando no existe carril de aceleración la mayoría de vehículos deben ingresar con velocidad cero y desarrollar la velocidad de la vía principal sobre esta misma lo que puede generar incidentes y disminuir su capacidad. Los carriles de aceleración deben ser paralelos a la calzada principal de manera que el vehículo que ingresa no lo haga de forma completa hasta que tenga la disponibilidad y velocidad adecuada. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras,

2008, p.176; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.291-302; Arboleda, 2010, p.86; Agudelo, 2002, pp. 276- 277).

Estos carriles se requieren en autopistas urbanas o vías colectoras, en vías donde la diferencia de las velocidades específicas de la vía principal y el ramal es igual o mayor a 20 km/h. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.291-292).

El ancho de un carril de aceleración debe ser igual al adyacente pero como mínimo 3.30 m y como máximo 3.65 m. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.176; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.294).

El ancho mínimo del ramal de entrada debe ser 4.50 m y debe considerar el sobrecancho requerido para el vehículo diseño

La longitud de transición debe permitir la maniobra de convergencia de una manera cómoda, segura y clara. La longitud total del carril incluye la zona de ancho constante y la de transición, esta se mide desde el punto donde el carril de aceleración queda totalmente paralelo hasta el punto donde convergen totalmente los dos bordes externos. Cuando las vías convergen en curva el alineamiento debe ser tal que garantice el ancho de carril constante para la incorporación y la longitud mínima de carril. La longitud mínima de carril y de transición está dada por las velocidades de las vías que convergen. Cuando el espacio es demasiado limitado y dependiendo las condiciones de siniestralidad se puede dejar sólo la longitud de transición; en lo posible garantizar la longitud mínima o un tramo de carril constante. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.292).

Tabla 5.1 Longitud carril de aceleración

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008. p.177

Velocidad de la vía principal (km/h)	Longitud de transición (m)	Velocidad del ramal de giro (vía secundaria) (km/h)					
		PARE	25	30	40	50	60
		Longitud total incluyendo la de transición (m)					
50	45	90	70	55	45	-	-
60	55	140	120	105	90	55	-
70	60	185	165	150	135	100	60
80	65	235	215	200	185	150	105

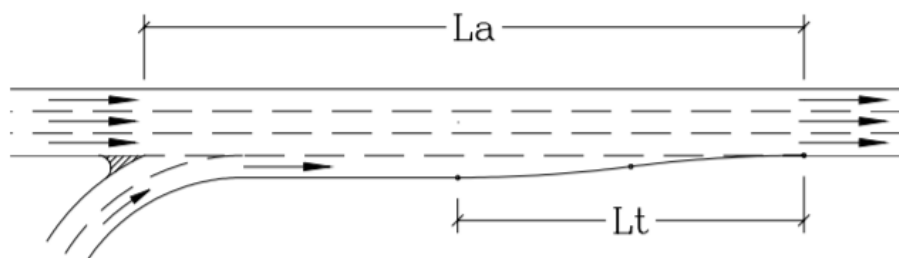


Figura 5.47. Carril de aceleración.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.276

5.8.2 Carriles de desaceleración

Son carriles diseñados para salir de la vía principal a una secundaria con la velocidad adecuada de esta vía y esto sin crear traumatismos tanto en la vía principal como en la secundaria. Es un carril de transición de una velocidad mayor a una menor. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.176; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.294-302; Arboleda, 2010, p.87; Agudelo, 2002, pp. 274- 275).

Estos carriles se requieren en autopistas urbanas o vías colectoras, en vías donde la diferencia de las velocidades específicas de la vía principal y el ramal es igual o mayor a 20 km/h.

El ancho de un carril de desaceleración debe ser igual al adyacente o como mínimo 3.30 m y como máximo 3.65 m. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.178; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.296).

El ancho mínimo del ramal de entrada debe ser 4.50 m y debe considerar el sobrancho requerido para el vehículo diseño

Existen dos tipos, el directo y el paralelo, siendo más aconsejable el directo ya que se acomoda mejor a la trayectoria de los vehículos. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.176-177).

La longitud de transición debe permitir la maniobra de divergencia de una manera cómoda, segura y clara. La longitud total del carril incluye la zona de ancho constante y la de transición, esta se mide desde el punto donde el carril de desaceleración queda totalmente paralelo hasta el punto donde se separa el vehículo de la vía principal. Cuando las vías divergen en curva el alineamiento debe ser tal que garantice el ancho de carril constante para la salida y la longitud mínima de carril. La longitud mínima de carril y de transición está dada por las velocidades de las vías que divergen. Cuando el espacio es demasiado limitado y dependiendo las condiciones de siniestralidad se puede dejar sólo la longitud de transición; en lo posible garantizar la longitud mínima o un tramo de carril constante. (Arboleda, 2010, p.87).

Tabla 5.2 Longitud carril de desaceleración

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008. p.178.

Velocidad de la vía principal (km/h)	Longitud de transición (m)	Velocidad del ramal de giro (vía secundaria) (km/h)					
		PARE	25	30	40	50	60
Longitud total incluyendo la de transición (m)							
50	45	70	50	45	45	-	-
60	55	90	70	70	55	55	-
70	60	105	90	90	75	60	60
80	65	120	105	105	90	75	65

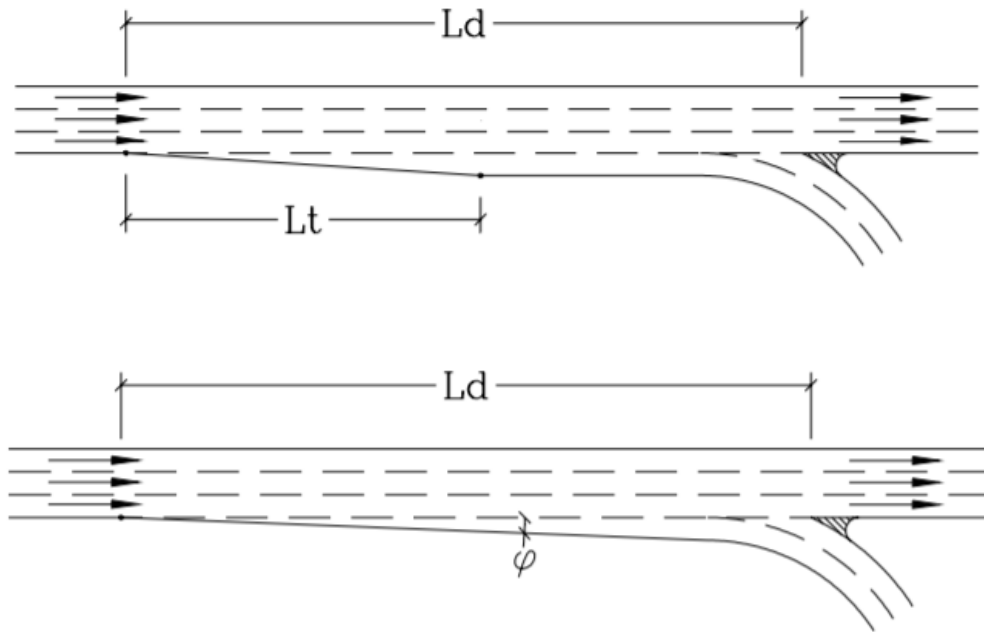


Figura 5.48. Carril de desaceleración.

Nota: Agudelo Ospina, JJ. (2002). *Diseño geométrico de vías*. p.275

5.8.3 Entrecruzamiento y Balance de carriles

5.8.3.1 Entrecruzamiento

Para el diseño de la sección de entrecruzamiento se debe atender a los siguientes criterios.

- Longitud mínima de la sección de entrecruzamiento. En la Tabla 5.3 se presentan las longitudes mínimas en función del volumen de vehículos que se entrecruzan.

Tabla 5.3 Longitudes mínimas de entrecruzamiento

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008. p.193.

VOLUMEN DE ENTRECruzAMIENTO (ade/h)	LONGITUD MÍNIMA DE LA SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO (m)
1000	75
1500	120
2000	200
2500	290
3000	410
3500	565

- Número mínimo de carriles que se requiere en la sección de entrecruzamiento:

El número de carriles que se requiere en la sección de entrecruzamiento es:

$$N = (W1 + 3 \times W2 + F1 + F2) / C$$

Donde:

N: Número de carriles.

W1: Flujo mayor que se entrecruza, en ade/h.

W2: Flujo menor que se entrecruza, en ade/h.

F1, F2: Flujos exteriores que no se entrecruzan, en ade/h.

C: Capacidad normal del carril de la vía principal, en ade/h.

Por último, se recomienda evaluar en forma definitiva la conveniencia técnica de la solución mediante un análisis con un modelo de simulación de tránsito, que permita examinar el funcionamiento de la intersección en conjunto con la malla vial aledaña. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.194).

5.8.3.2 Balace de Carriles

En el diseño de intersecciones debe efectuarse un balance de carriles, que contemple lo siguiente:

- La distancia entre puntos de salida sucesivos, debe ser al menos, la longitud del carril que interviene en el cambio de velocidad y debe incrementarse hasta donde sea necesario, para facilitar las maniobras y la señalización.
- Los carriles de cambio de velocidad deben ubicarse en los tramos en tangente y dónde los estándares del trazo longitudinal y del nivel de visibilidad son altos, no se deben ubicar en los alineamientos curvos de la vía principal.

En la Figura 5.49 se muestra un esquema de balance de carriles con un carril de incorporación, en el cual la opción deseada en cuando se tiene el carril de incorporación en paralelo.

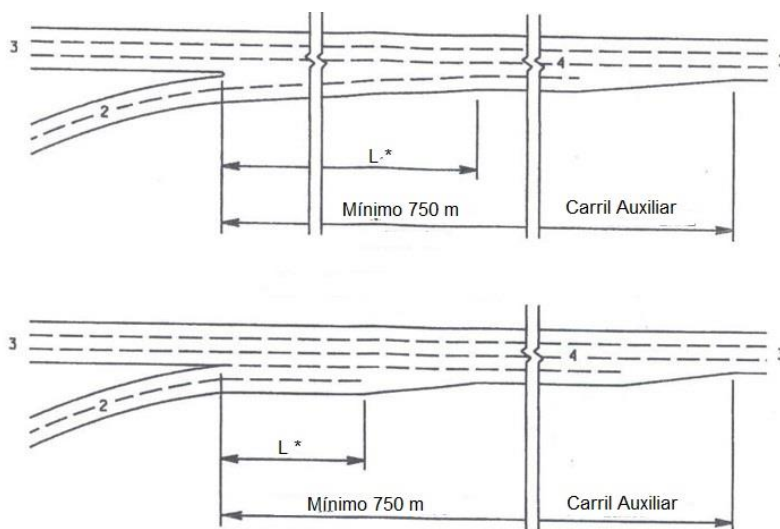


Figura 5.49. Balance de carriles y número mínimo de ellos (1).



Figura 5.51. Esquema de giro izquierdo directo e indirecto en una vía arterial.

Nota: Elaboración propia adaptada de software Open Street Map. © Colaboradores de OpenStreetMap. Recuperado de <https://www.openstreetmap.org/#map=18/6.20973/-75.57204&layers=C>

En cuanto al ciclo semafórico, se aumentan las fases, los tiempos de seguridad, las demoras y la longitud de cruce para peatones y ciclistas. Se aumenta la conectividad y se evitan extrarrecorridos y que los vehículos deban ingresar a zonas residenciales sin necesidad (esta opción hay que analizarla versus un giro indirecto). (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.322).

Si la longitud que se requiere para albergar todos los vehículos que van a girar en una fase semafórica es muy larga y se tienen restricciones de espacio, se pueden implementar 2 carriles paralelos de giro izquierdo para cumplir con esta capacidad.

El carril debe tener una zona de transición para hacer el cambio gradual de un carril a otro. El ancho del carril debe ser de 3.50 m, si no se puede cumplir este ancho el mínimo es 3.25 m. El ancho del separador colindante será mínimo de 1.0 m si no se requiere paso peatonal y de 2.0 m si así lo requiere. El separador debe terminar con un ochave adecuado, mínimo de 1.0 m para no convertirse en un obstáculo para los vehículos. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.305-306).

Esta maniobra puede permitir o no la maniobra de giro en “U”. Esta maniobra se debe analizar detalladamente, si genera algún tipo de ventaja o beneficio a la intersección, ya que es de alta siniestralidad y generalmente provoca congestión al hacer maniobras forzadas. En caso de permitirse

debe haber una buena configuración geométrica de las vías, tanto en planta (radios de giro) como en las pendientes de empalme (ya que muchas veces se usa para hacer retornos de una calzada a otra y presentan desniveles considerables). Si en una intersección o carril está una señal que prohíbe girar a la izquierda también prohíbe el giro en U, pero no viceversa. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.304,323).

5.8.5 Intercambiadores de calzada

Es una apertura en el separador ubicada entre 2 zonas vehiculares y cuya función es conectarlas. Esta zona sirve de resguardo a los vehículos que cambian de una calzada a otra y ayudan a hacer la incorporación de una manera segura con su debida transición de velocidad. Son fundamentales para garantizar la accesibilidad a las actividades y usos adyacentes de la calzada rápida o principal. Debe analizarse su ubicación para que no haya problemas de siniestralidad ni de operatividad de la vía, ya que puede generar zonas de entrecruzamiento peligrosas.

Deben tener un ángulo de deflexión entre 8° y 12° , un ancho de 4.50m, deben ser de un solo carril y no permitir maniobras de adelantamiento, el ancho mínimo del separador (longitud del intercambiador) debe ser tal que la parte trasera de un vehículo no invada la calzada de origen al esperar para hacer el intercambio. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.151-153).



Figura 5.52. Intercambiador de calzada

Nota: Google Earth Web, Maxar Technologies. (s.f.). Medellín, Colombia. Recuperado de <http://bit.ly/2ZtfsKb>

5.8.6 Carriles de estacionamiento

Son carriles de los ya existentes en la vía destinados para el estacionamiento de vehículos. Esta disposición debe ser permitida o prohibida mediante una normatividad que la determina cada ciudad. Esta medida disminuye la capacidad de la vía, por ende, no se permite en autopistas urbanas, arterias y colectoras. Son carriles que cada vez se permiten menos en las ciudades ya que se maneja el concepto que la vía es de todos y no para limitarla por unos pocos y más vehículos particulares motorizados (pirámide invertida de la movilidad), sin embargo, en vías de servicio que no afecte altamente su capacidad puede traer efectos positivos como mayor accesibilidad, desarrollo del sector (ejemplo zonas de restaurantes), desarrollo urbanístico (ejemplo parques de ciudad), que son beneficios sociales más que viales.

Los estacionamientos pueden ser en paralelo o en batería (ángulos de 90° , 60° , 45° o 30°). El ancho mínimo para los que son en paralelo es de 2.40 m y de 2.50 m para los que son en serie (línea uno detrás del otro). Para los estacionamientos en serie o paralelo se requiere 5.50 m de profundidad. Para analizar su pertinencia se debe contar con información de la oferta, demanda y rotación del estacionamiento, siendo la oferta la cantidad de espacios disponibles para estacionamiento, la demanda la necesidad de estos espacios y la rotación el número de veces que se usa un espacio de estacionamiento en un período de tiempo. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.172).

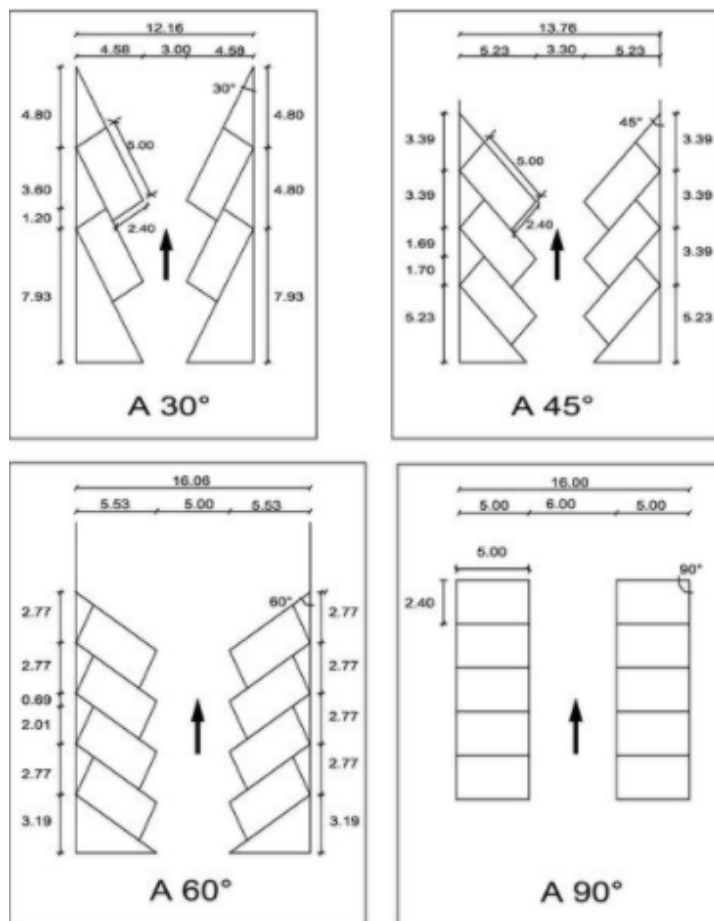


Figura 5.53. Tipos de estacionamiento en vía

Nota: <https://funcionforma.com/2016/01/26/reglamento-grafico-estacionamientos/>

De acuerdo con la Ley 769 del 6 de agosto de 2002 por medio de la cual se expide el Código Nacional de Tránsito, las normas que regulan el estacionamiento en vía pública son las siguientes:

En vías donde esté permitido el estacionamiento, se podrá hacer sobre el costado autorizado para ello, lo más cercano posible al andén o al límite lateral de la calzada no menos de 0.30 metros del andén y a una distancia mínima de 5.0 metros de la intersección. (Art 75). Toda zona de prohibición deberá estar expresamente señalizada y demarcada en su sitio previa decisión del funcionario de tránsito competente. Se exceptúan de ser señalizadas o demarcadas todas aquellas zonas cuyas normas de prohibición o autorización están expresamente descritas en el código de tránsito. (Art. 112)

Lugares prohibidos para estacionar. (Art. 76):

1. Sobre andenes, zonas verdes o zonas de espacio público destinado para peatones, recreación o conservación. Las áreas públicas de las vías correspondientes a las zonas verdes (en las franjas de amoblamiento), no se podrán construir, utilizar como estacionamiento, ni para la colocación de publicidad, ni cercar, privatizar o restringir su uso por parte de particulares.
2. En vías arterias, autopistas, zonas de seguridad, o dentro de un cruce.
3. En vías principales y colectoras en las cuales expresamente se indique la prohibición o la restricción en relación con horarios o tipos de vehículos.
4. En puentes, viaductos, túneles, pasos bajos, estructuras elevadas o en cualquiera de los accesos a estos.
5. En zonas expresamente destinadas para estacionamiento o parada de cierto tipo de vehículos, incluyendo las paradas de vehículos de servicio público, o para limitados físicos.
6. En carriles dedicados a transporte masivo sin autorización.
7. En ciclorrutas o carriles dedicados o con prioridad al tránsito de bicicletas.
8. A una distancia mayor de treinta (30) centímetros del andén.
9. En doble fila de vehículos estacionados, o frente a hidrantes y entradas de garajes o accesos para personas con discapacidad.
10. En curvas.
11. Donde interfiera con la salida de vehículos estacionados.
12. Donde las autoridades de tránsito lo prohíban.
13. En zona de seguridad y de protección de la vía férrea, en la vía principal, vías secundarias, apartaderos, estaciones y anexidades férreas.

En algunas ciudades se permite el parqueo en vía pública pero regulado y administrado por algunos operadores. Estos sitios son denominados Zonas de Estacionamiento Regulado (ZER) y son debidamente demarcados y señalados en las vías donde el estacionamiento se encuentra permitido y está regulado mediante el pago de una tasa y cuyo tiempo de permanencia es controlado por un expendedor de tiquetes o parquímetro. (Decreto 0113 de 2017, Alcaldía de Medellín, p.124).



Figura 5.54. Zonas de Estacionamiento Regulado (ZER).

Nota: Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/movilidad/transito-transporte/zer-zona-de-estacionamiento-regulado-parquímetros>

5.9 INTERSECCIONES A DESNIVEL

Son intersecciones diseñadas para que 2 o más vías se crucen en 2 o más niveles para tratar de canalizar el flujo vehicular de la mejor manera posible, minimizando los conflictos y canalizando de forma segura todas las maniobras. Una intersección a desnivel se construye para:

1. Aumentar la capacidad y nivel de servicio de intersecciones importantes con altos volúmenes de tránsito y elevados índices de inseguridad.
2. Eliminar riesgos de incidentes en vías rápidas.
3. Formar una vía libre de flujo directo rápido, seguro y sin interrupciones del tráfico.
4. Evitar congestiones y confort para el usuario: Cuando la capacidad de una intersección a su máximo nivel, los niveles de servicio se vuelven críticos y se forman grandes congestiones. Al solucionar este ítem, se reducen los costos para los usuarios ya que las congestiones aumentan el uso de combustible, aceite, probabilidad de incidentes y demás. También disminuye los tiempos de viaje y costos de operación. Colateralmente al tener estos beneficios en tiempos y congestiones, se minimiza el impacto ambiental ya que no habría tantas emisiones nocivas.
5. Separar dos modos de transporte.

(Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.236).

Cuando se tiene una vía sobre otra, o simplemente una estructura sobre una vía (ejemplo un puente) se requiere una distancia mínima libre en altura que garantice que no haya obstáculos y que los vehículos pueden transitar con normalidad. Esta distancia se toma teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables, es decir, los vehículos de mayor altura (legales permitidos), que son vehículos pesados de carga y a su vez si tienen carga encima que aumente su altura. Esta distancia es medida a partir de la superficie de rodadura hasta el borde inferior de la superficie superior y es a lo largo y ancho de toda la calzada. Esta altura libre se conoce como gálibo.

La altura libre de las estructuras de soporte de señales tipo banderas y pasacalles también debe ser 5.00m.

Tabla 5.4 Gálibo mínimo según el tipo de vía

Nota: Datos adaptados del Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008 & Arboleda Vélez, G. (2010).
Vías Urbanas. p.40.

Gálibo mínimo según el tipo de vía	
Tipo de vía	Gálibo mínimo (m)
Principales (autopistas, arterias, colectoras)	5.00
Vías de servicio (siempre y cuando se garantice que no haya paso de vehículos pesados de carga).	4.50
Zonas de paso ferroviario	5.50*

*La distancia puede ser mayor si el diseño ferroviario tiene catenarias. En el sistema férreo de Medellín (Metro) se exige 7.80m. Esta distancia depende del diseño de la catenaria.

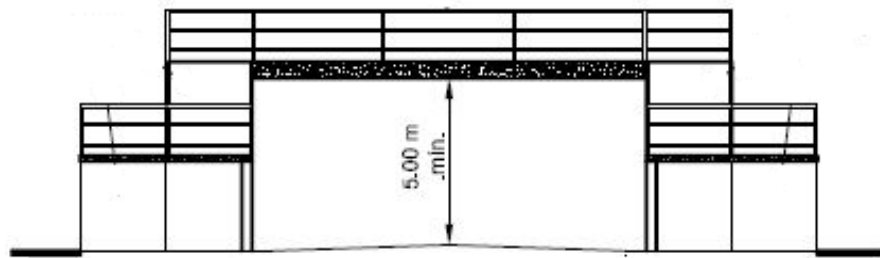


Figura 5.55. Gálibo

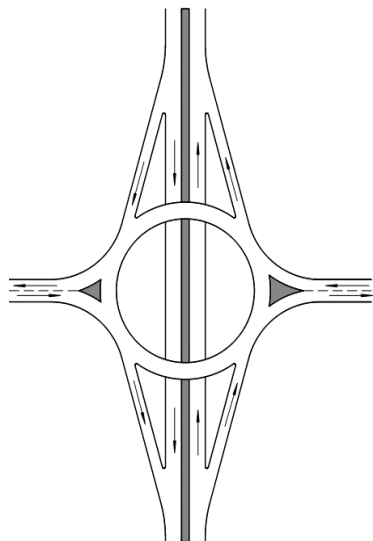
Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS.2008. p.195

Cuando haya trabajos temporales en la vía u obras, a través del PMT y la señalización de obra se debe garantizar en lo posible estas condiciones, de no ser posible se debe señalizar adecuadamente la zona y hacer los respectivos desvíos de vehículos que no cumplan con las dimensiones limitadas para evitar colisiones, estos desvíos se deben avisar con la suficiente anterioridad de modo que estos vehículos puedan tomar otras vías y no quedar incrustados en espacios donde no tienen margen de maniobra.

5.9.1 Glorieta a desnivel

Siguen siendo vías con una calzada anular, pero algunos o todos sus flujos directos son canalizados a través de un puente o un paso deprimido, restándole así volumen a la calzada anular. El diámetro depende del ancho de sección de las calzadas a empalmar, de forma tal que en ningún caso se configuren accesos tangenciales a la calzada anular. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.333).

Esquema de Maniobras



Ejemplo intersección



Figura 5.56. Glorieta a desnivel.

Nota: Adaptada de software MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín.
https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0.

5.9.2 Tipo trébol

Consiste en una intersección de 4 ramales en la cual los giros izquierdos se hacen de manera continua mediante enlaces tipo "oreja". Este tipo de intersección da prioridad a los movimientos directos y permite realizar los movimientos de giro izquierdo y derecho con una condición de parada que genera puntos de conflicto tipo divergencia, convergencia y entrecruzamiento. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.240).

Son parciales si no se puede utilizar alguno de los cuadrantes, y son totales cuando se desarrollan los 4 ramales. Las intersecciones tipo trébol mejoran la velocidad de diseño al aumentar radios y recorrido. Generalmente tienen los giros derechos directos (canalizados) y su geometría depende directamente de la "oreja" colindante. Tienen como ventajas: Pueden resolver todos los movimientos, tienen gran capacidad y mantienen el nivel de servicio de las vías confluyentes, reducen el número y la peligrosidad de los incidentes. Y tienen como desventajas: Requieren una amplia ocupación de suelo, tienen un alto costo constructivo, tienen impactos estéticos importantes, resuelven mal el paso de los peatones.

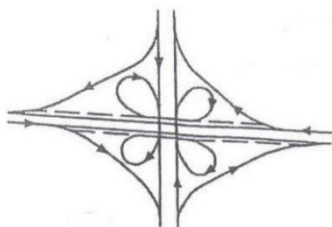
En intersecciones con "orejas" se utilizan peraltes máximos del 4% o el 6%. En cuanto a la pendiente longitudinal se tienen consideraciones como: Si la pendiente del ramal es muy suave, se requerirá mayor longitud para empalmar con la vía del otro nivel; las pendientes más elevadas deben ir en la parte central del ramal, pero se debe procurar que la pendiente sea constante a lo largo del ramal; las curvas verticales deben satisfacer la distancia de visibilidad y de parada. La pendiente máxima de los ramales es 8%, preferiblemente menor debido al posible tránsito de vehículos pesados. La pendiente también depende si la oreja es ascendente o descendente.

Tabla 5.5 Pendientes máximas para rampas tipo lazo

Pendientes máximas para rampas tipo lazo			
Tipo de rampa	Orientación de pendiente	Deseado (%)	Máximo (%)
Rampa de salida	Cuesta abajo	-3	-4
	Cuesta arriba	+5	+7
Rampa de entrada	Cuesta abajo	-6	-8
	Cuesta arriba	+3	+5

Respecto a las velocidades de diseño, la de los lazos directos se recomienda que este entre el 66.6% y 100% de la velocidad de los ejes principales mientras que la velocidad de las “orejas” sea como mínimo el 50% de los ejes principales. Como ejemplo, si los ejes principales presentan una velocidad de 80 km/h, los lazos directos deberían de estar entre 50 y 60 km/h y las orejas en 40 km/h.

Esquema de Maniobras



Ejemplo intersección



Figura 5.57. Intersección tipo trébol.

Nota: Google Earth Web, Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). Vitoria, España. Recuperado de <http://bit.ly/3ax8QRr>

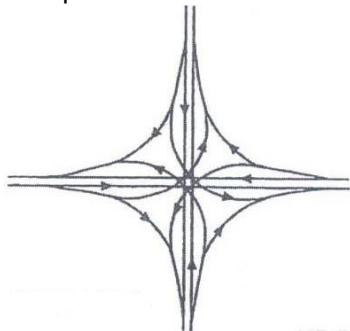
5.9.3 Tipo diamante

Consiste en una intersección en la cual sus ramales están configurados en forma de diamante. Aquí el flujo principal se eleva mientras que los secundarios se cruzan hacia el lado para realizar el giro izquierdo sin conflicto con el tráfico, luego los flujos se descruzan para regresar a las condiciones de circulación originales. Es una intersección de cruces divergentes, tiene una zona en la cual el tránsito se realiza con circulación por el lado izquierdo, al estilo inglés. La intersección presenta zonas de cruce que se manejan a prelación o semaforizadas según los volúmenes vehiculares. Su ventaja radica en que facilitan los giros izquierdos realizándolos por la derecha (directos), además pueden llegar a reducir el número de fases,

respecto a una intersección semaforizada convencional. Tiene algunas ventajas como: presenta menos fases, se reduce el riesgo de presentarse incidentes por salidas de la vía, aumenta la capacidad de los movimientos de giro, reduce el número de carriles y por ende el espacio del derecho de vía, disminuye los puntos críticos por lo tanto mejora la seguridad, disminuye los costos de construcción y mantenimiento presentando una ventaja en la operación. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.242).

Es importante aclarar que estos cruces siempre son semaforizados (deben estar especialmente sincronizados) y deben tener geometrías espiralizadas, con el objetivo de garantizar condiciones de comodidad y seguridad a los conductores. En Colombia no se tienen registros de este tipo de intersecciones.

Esquema de Maniobras



Ejemplo intersección

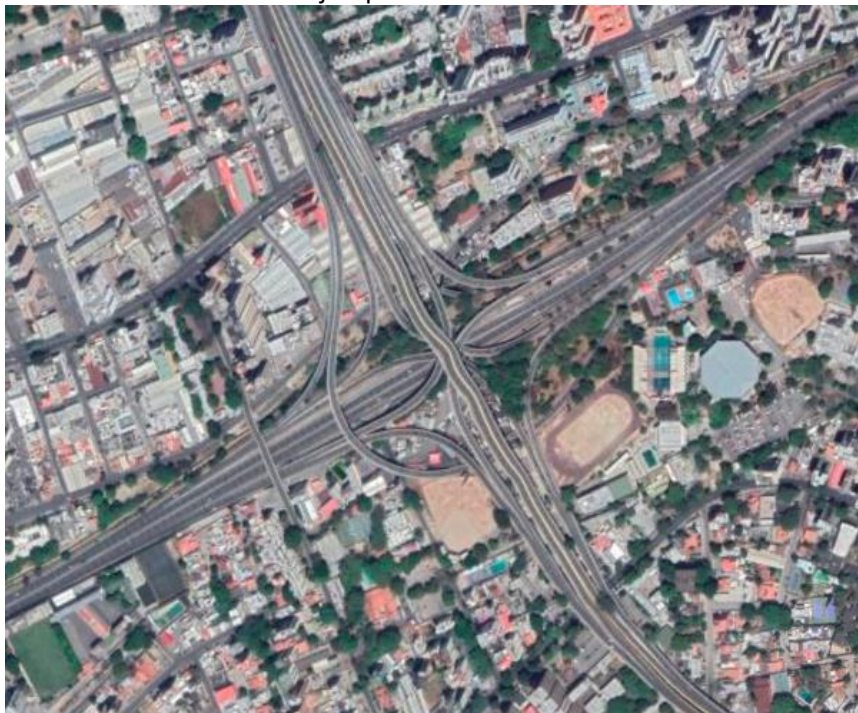


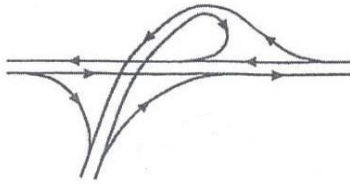
Figura 5.58. Intersección tipo diamante.

Nota: Google Earth Web, Maxar Technologies. (s.f.). Caracas, Venezuela. Recuperado de <http://bit.ly/3ua2O0M>

5.9.4 Tipo trompeta

Consiste en una intersección de 3 ramales (tipo "T") en la cual los giros a la derecha y a la izquierda se resuelven por medio de ramales directos, semirectos y "orejas". Es recomendable para intersecciones ortogonales y oblicuas. Se recomienda peraltes máximos del 4% o el 6%. En cuanto a la pendiente longitudinal se tienen consideraciones como: Si la pendiente del ramal es muy suave, se requerirá mayor longitud para empalmar con la vía del otro nivel; las pendientes más elevadas deben ir en la parte central del ramal, pero se debe procurar que la pendiente sea constante a lo largo del ramal; las curvas verticales deben satisfacer la distancia de visibilidad y de parada. La pendiente máxima de los ramales es 8%, preferiblemente menor debido al posible tránsito de vehículos pesados. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.240).

Esquema de Maniobras



Ejemplo intersección



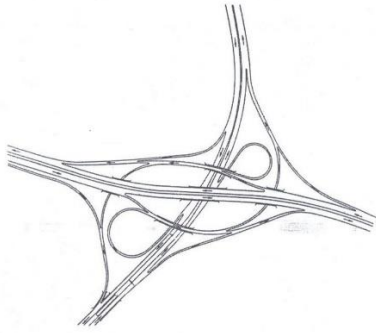
Figura 5.59. Intersección tipo trompeta.

Nota: Google Earth Web, Maxar Technologies. (s.f.). Lima, Perú. Recuperado de <http://bit.ly/3uea0c6>

5.9.5 Semidireccionales

Se caracterizan por presentar ramales a desnivel para uno o más giros izquierdos sobre una dirección específica o próximos a alineamientos direccionales. Se utilizan especialmente en corredores arteriales con presencia peatonal baja. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.241).

Esquema de Maniobras



Ejemplo intersección



Figura 5.60. Intersección tipo semidireccional.

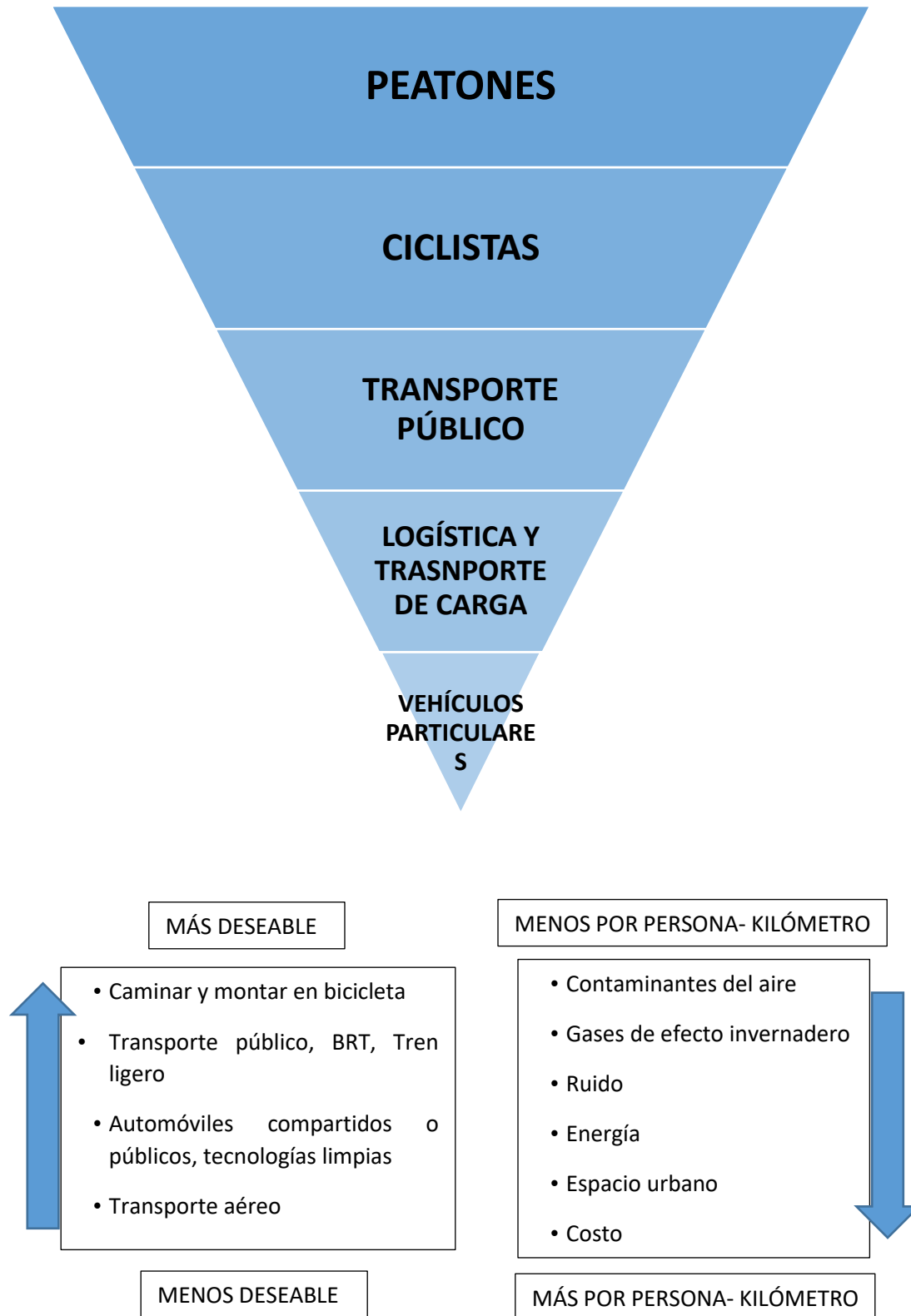
Nota: Google Earth Web, Maxar Technologies. (s.f.). Caracas, Venezuela. Recuperado de <http://bit.ly/3k5M2ez>

6. PEATONES

Según el Artículo 24 de la Constitución Política de Colombia, todo ciudadano tiene derecho a circular libremente, y está sujeto a lo que las autoridades dicten para circular de manera cómoda y segura.

Un peatón es cualquier persona que transita a pie para cualquiera de sus desplazamientos. Independiente de las actividades de cada persona, TODOS SON PEATONES, debido a que caminar hace parte los itinerarios de viaje inclusive para acceder a otros modos como el transporte público. El peatón es el actor más común de los viajes en movilidad, también es quien tiene mayor maniobrabilidad en su trayectoria, pero principalmente es quien tiene mayor vulnerabilidad frente a los demás actores viales, por todo esto, el peatón debe tener el primer nivel de relevancia dentro del sistema de movilidad. El peatón tiene un papel muy importante durante todas las etapas de un proyecto vial, se debe tener en cuenta en el análisis de seguridad vial y su vulnerabilidad ante los demás actores, se debe tener en cuenta desde la concepción hasta la construcción de todos los aspectos viales ya que serán uno de los usuarios más críticos, además en esta etapa se deben generar los espacios adecuados para los peatones libres de todo tipo de conflictos y riesgos. Los peatones son el actor más vulnerable, pero a la vez, el de conducta más errática y el menos predecible en su comportamiento. Los peatones tienden a ir de un punto A hasta un punto B por el camino más corto, de ahí que cobra gran importancia la debida señalización de cruces, adecuación de andenes y demás elementos que conduzcan al peatón por un camino seguro. (American Association Of State Highway And Transport Officials, [AASHTO]. 2004 & Reyes & Cárdenas, 2007. pp.43-45).

La movilidad sostenible está representada con la pirámide invertida que da la prioridad a los modos más vulnerables, más sostenibles ambientalmente y muestra cuales serían las condiciones ideales de transporte. Adicionalmente plantea que medios son más costoso de acuerdo con la relación pasajeros y pasajeros transportados por kilómetro. (Reyes & Cárdenas, 2007. p.43).



Hay varios factores que influyen para tomar la decisión de realizar un recorrido a pie, algunos son: distancia corta de viaje, usos del suelo, hacer ejercicio, clima favorable, topografía, condición física de la persona, seguridad en el trayecto entre otros.

Así como en el diseño de vías para vehículos motorizados o para las bicicletas se debe tener en cuenta la velocidad y espacio ocupado por el usuario, en los andenes o pasarelas para peatones se debe considerar las características de velocidad y espacio ocupado por el peatón. La velocidad frecuentemente utilizada es de 1.2 m/s pudiendo variar entre 0.8 m/s y 1.8 m/s. El espacio ocupado por un peatón varía según el motivo de su caminata (trabajo, compras, placer entre otros). Según el HCM 2010 para un peatón el área mínima es de 0.3 m² y cuando está en movimiento es de 0.75 m² para considerar una distancia de amortiguamiento o separación entre usuarios, y se requiere de un ancho mínimo de 1.50m. Además, hay que tener en cuenta algo esencial y es que, dentro de las necesidades peatonales, estas áreas tienen que considerar las limitaciones de las personas con movilidad reducida, y hacer que estos diseños sean accesibles a través de ciertas características.

La accesibilidad al espacio público es derecho de todos, se requiere crear condiciones favorables de acceso a cruces, andenes, parques, etc. A una mayor accesibilidad mayor frecuencia de uso del espacio público y más apropiación del espacio que le corresponde a cada persona. Aspectos como el ancho de circulación, las pendientes longitudinales y transversales, la disposición del mobiliario urbano, la arborización, entre otros, generan una adecuada circulación por el espacio público.

En diferentes guías urbanas se establecen las características básicas de la accesibilidad, declarando que ésta debe ser clara, simple y expedita a todos sin distinción alguna. A continuación, se muestran 7 principios para los diseños de espacios orientados a peatones:

1. Uso equitativo: el diseño debe ser para todos incluyendo a los que posean alguna discapacidad.
2. Flexibilidad en el uso: el diseño debe adaptarse a diversas capacidades.
3. Uso sencillo e intuitivo: el diseño debe ser fácil de entender, independientemente de la capacidad cognitiva de la persona.
4. Información perceptible: el diseño debe comunicar la información de manera clara, eficaz, contundente, independientemente de la capacidad cognitiva de la persona.
5. Tolerancia al error: el diseño debe reducir al mínimo los riesgos y las consecuencias por accidentes. "Espacios perdonadores".
6. Esfuerzo físico reducido: el diseño debe tener en cuenta el entorno haciendo uso de éste con el mínimo esfuerzo. Los elementos diseñados en el contexto urbano deben contemplar el uso eficiente y confortable de los usuarios con un mínimo de fatiga.
7. Espacio para usar: se debe proporcionar el espacio necesario por persona.

(Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.159).

Para dar un concepto sobre los diseños peatonales es necesario analizar cómo es el comportamiento de los peatones en la vía. De manera general el cruce peatonal se realiza de la siguiente forma:

- a) El cruce espontáneo: Es el cruce más común entre los peatones y se hace por la necesidad de acortar la distancia entre dos puntos y pasar de un lado a otro con el mínimo esfuerzo. Es el cruce más inseguro ya que el peatón se expone vulnerable a los demás actores, por esto, en la mayoría de los casos el peatón busca refugio en las zonas verdes o separadores y hace el cruce en 2 o más tiempos.

Este tipo de cruce a riesgo se debe desincentivar ofreciendo una infraestructura peatonal completa y vetando los puntos inseguros por donde normalmente cruzan.

- b) El paso por sendero (señalización tipo cebra) y pompeyanos: Este tipo de cruce es de fácil identificación y uso por parte de los usuarios. Es necesario estar haciendo un mantenimiento periódico para que no pierda legitimidad el paso peatonal. Se usan en zonas escolares y bocacalles. No se recomienda en vías arterias.
- c) El paso controlado por semáforo: Este paso puede tener o no la señalización de cebra. Permite el flujo constante de peatones una vez haya luz verde. El ancho del paso debe ser proporcional al flujo de peatones que circula por hora. Se recomienda para cualquier tipo de jerarquía con volúmenes peatonales mayores a 200 en 15 minutos.

6.1 PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA (PMR)

El tipo de usuarios que requiere la ayuda permanente o eventual de otro usuario o dispositivo pueden ser de varios tipos:

Usuarios ambulantes: son los que ejecutan movimientos con dificultad y ayudados por aparatos ortopédicos, bastones, etc.

Usuarios en sillas de ruedas: son los que requieren en todo momento el uso de silla de ruedas para sus actividades. Dificultades: cambios de nivel, volcamiento, pasos estrechos, altas pendientes.

Usuarios sensoriales: personas con limitación sensorial auditiva o visual. Dificultades: identificación de espacios u objetos, escuchar señales sonoras, pitos y demás, leer señales o vallas.

Asimismo, personas en buena condición física, pero que transiten con coches o maletas, que presenten lesiones temporales, que tengan episodios de pánico o vértigo, o que pertenezcan a la tercera edad se pueden considerar dentro del grupo de peatones que genera condicionamientos especiales al diseño de la infraestructura. Por lo anterior, el diseño debe ser accesible, seguro, confortable y que este en armonía con el entorno. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, pp.159-161).

En los andenes se debe tener en cuenta la norma NTC 4279, para las dimensiones mínimas y las características funcionales y constructivas de estos espacios para las personas con movilidad reducida. Algunas características son:

- Superficies de acabado antideslizantes.
- Pendiente longitudinal máxima 12% (Ver NTC 4143).
- Pendiente transversal máxima 2%
- Longitud mínima de descansos 1.20m
- Ancho mínimo de las rampas: 0.90m
- Ancho libre para giros a 90°: 1.50m
- Rejillas o tapas de servicios públicos con superficie a nivel del piso acabado.
- Cuando haya cambios de nivel continuarlos a través de una rampa.

6.2 SEÑALIZACIÓN

La señalización aquí presentada es tomada del Manual de Señalización Vial del INVIAS de 2015.

6.2.1 Señalización vertical

La forma y el color dependen de la clasificación de las señales. Como la mayoría de los mensajes alusivos a los peatones son para los conductores de vehículo motorizado, el tamaño de las señales es el mismo que se utiliza para las señales alusivas a los vehículos, las cuales dependen de la velocidad de la vía, ver sección 8.2.1. Su ubicación debe ser mínimo a 0.30m del borde del sardinel. A continuación, se muestran, según su categoría, las señales más usadas en diferentes situaciones de los peatones.

6.2.1.1 Señales Reglamentarias



Figura 6.1. Señales reglamentarias en situaciones de los peatones.

Nota: Ministerio de Transporte. 2015a. pp.69,89,104.

6.2.1.2 Señales Preventivas

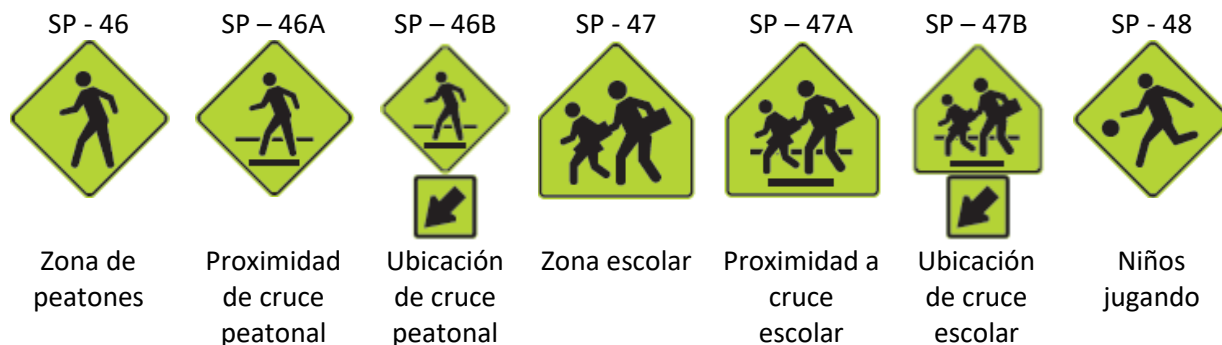


Figura 6.2. Señales preventivas en situaciones de los peatones.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.114-115.

Cabe resaltar que el mensaje de estas señales va dirigido principalmente a los conductores de vehículos motorizados. Se destaca que estas señales tienen un color amarilloverde-fluorescente diferente al amarillo tradicional de las señales preventivas. Además, las señales de zona escolar tienen una forma nueva de pentágono irregular diferente al cuadrado tradicional de las señales preventivas. Asimismo, las señales que indican la ubicación exacta de un cruce, sea peatonal o escolar, son más pequeñas y traen añadida una flecha que indica este sitio.

6.2.1.3 Señales Informativas, orientativas y de servicios generales y especiales

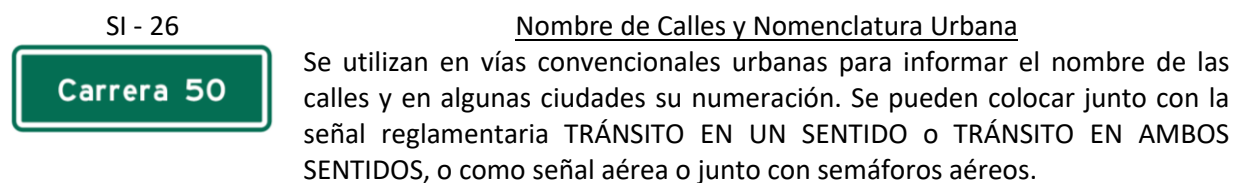
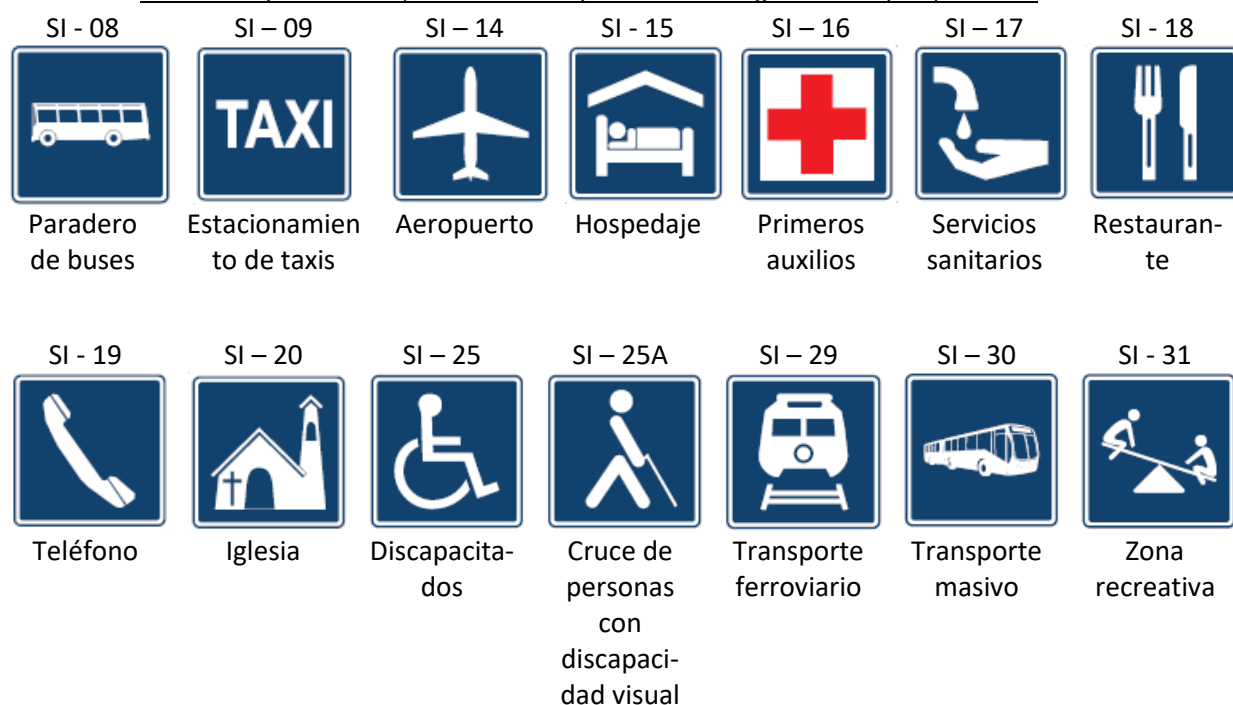


Figura 6.3. Señales informativas y orientativas en situaciones de los peatones.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.245, 257-258.

En la *Figura 6.3* se muestran las principales señales informativas en función de los peatones, a estas se le deben agregar todas las señales informativas turísticas, las cuales son de color café.

6.2.2 Señalización horizontal

6.2.2.1 Líneas transversales

Son líneas blancas continuas o segmentadas que señalan una intersección, un paso para peatones o un cruce de ciclistas. Indican donde los vehículos deben detenerse, la prioridad de cruce de los peatones o de bicicletas sobre los vehículos motorizados. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.361,383).

Líneas de cruce: éstas delimitan y señalan el sendero destinado al cruce de peatones o de ciclistas en la calzada. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.384).

Pueden ser de 5 tipos:

a. Cruce CEBRA

Consiste en una línea de detención por sentido y una sucesión de líneas paralelas de 40 a 50 cm de ancho, separadas entre sí 40 a 100 cm y colocadas en posición perpendicular al flujo peatonal en forma “cebreada”, con una longitud igual al ancho de las aceras entre las que se encuentren situadas, pero en ningún caso menor de 2 metros ni mayor a 5 metros. Esta demarcación se debe ubicar donde haya la necesidad de un cruce peatonal. Se deben ubicar en las intersecciones y en tramos de la vía a no menos de 30 metros de la intersección. En los casos que el cruce no cuente con semáforo se requiere la instalación de señales preventivas SP-46A y SP-46B. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.389).

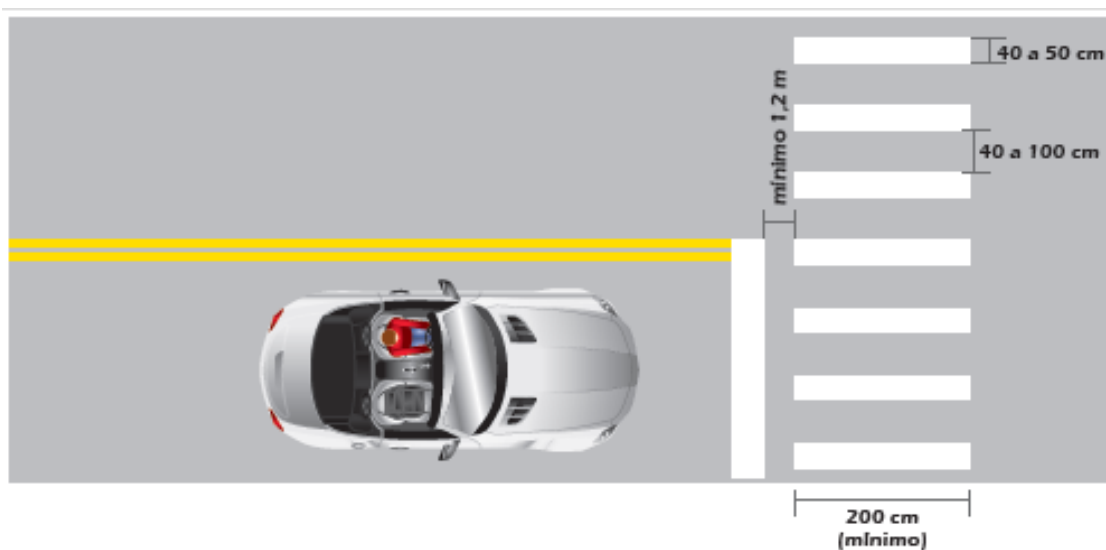


Figura 6.4. Cruce cebra.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.390.

b. Cruce Sendero Peatonal

Consiste en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía, de 30 cm de ancho como mínimo y de color blanco, trazadas con una separación entre ambas que se determina por el ancho de los andenes entre las que se encuentren situadas. En ningún caso estos cruces tendrán un ancho menor a 2 metros ni mayor a 4 metros. Se ubican en pasos peatonales donde la velocidad operativa sea de 50 km/h o menor. Se requiere la instalación de señales preventivas SP-46A y SP-46B. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.390).

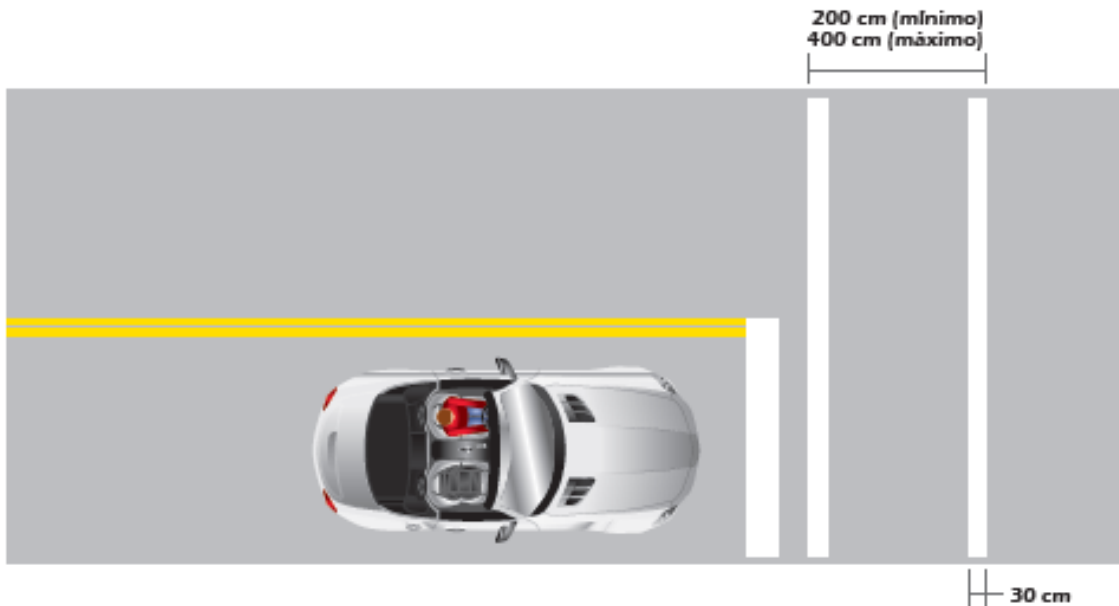


Figura 6.5. Cruce sendero peatonal.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.391.

c. Cruce Peatonal TODO ROJO, permitiendo al peatón cruzar en diagonal

Se deben garantizar las fases para que haya un TODO ROJO VEHICULAR o un TODO VERDE PEATONAL para que los peatones puedan transitar de forma segura. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.391).

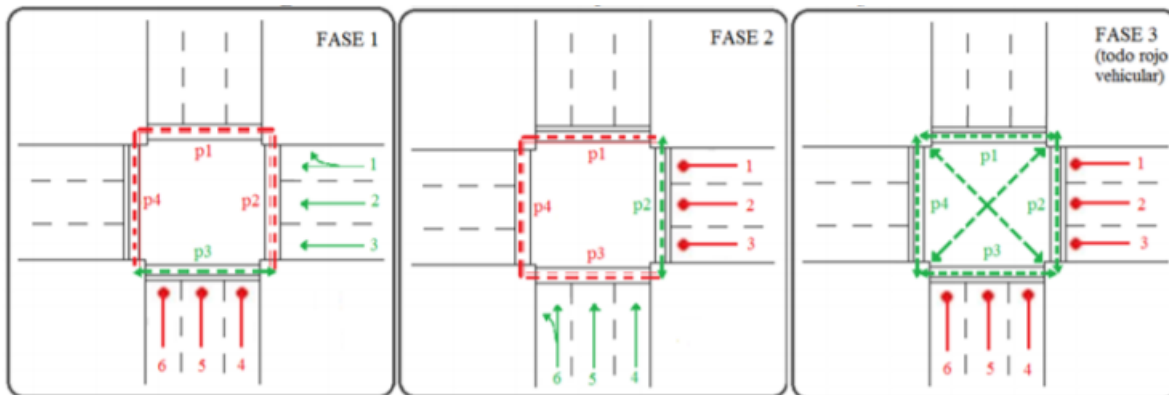


Figura 6.6. Todo rojo peatonal.

Nota: Seriani, S & Torres, JC. (2013). Análisis de tiempo de todo rojo vehicular en cruces peatonales saturados. p.3.

d. Paso peatonal con resalto tipo trapezoidal o pompeyano

Consiste en una plataforma elevada de forma trapezoidal que debe quedar a nivel de los andenes que conecta. Se ubican en intersecciones o tramos de vías que no cuenten con un semáforo. Se requiere la instalación de señales preventivas SP-25 y SP-25A. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.392).

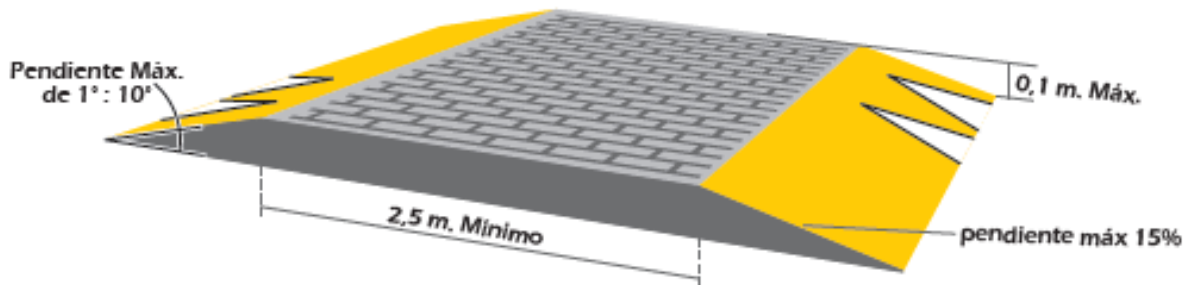


Figura 6.7. Pompeyano.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.392.

e. Cruce Escolar

Consisten en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía, de 30 cm de ancho como mínimo y de color blanco, trazadas con una separación entre 2 metros y 4 metros. Se demarcará el pictograma de paso escolar en el centro de cada uno de los carriles de circulación vehicular. Se demarcará cubriendo todos los carriles la leyenda ZONA ESCOLAR a una distancia de 30 metros aproximados del cruce. Se requiere la instalación de señales preventivas SP-47A y SP-47B. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.393).

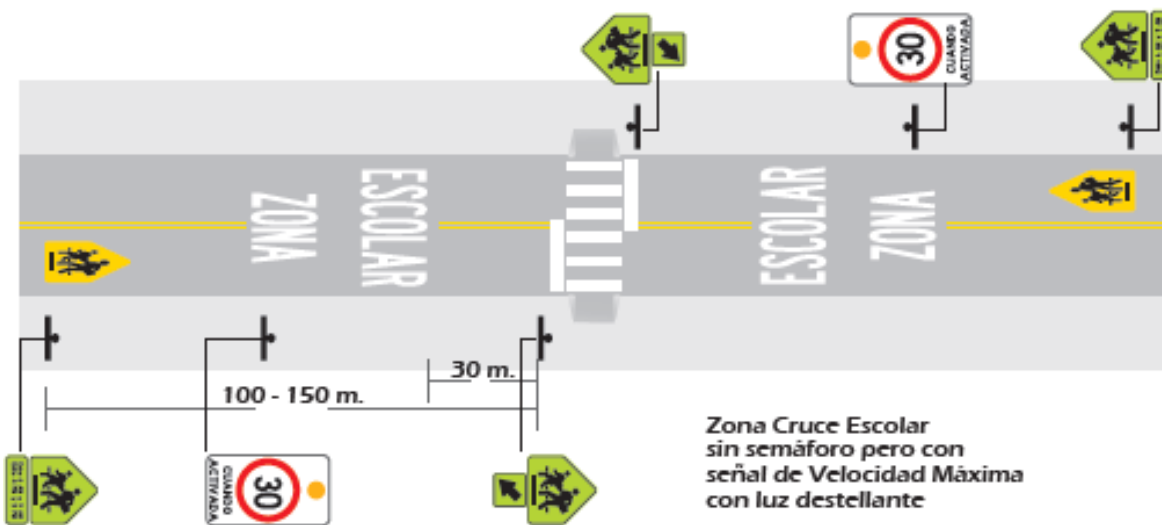


Figura 6.8. Cruce escolar.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.394.

6.2.3 Otros dispositivos

6.2.3.1 Islas peatonales

Zona de protección para los peatones instalada en la parte central de la calzada o sobre el separador, con el objeto de posibilitar el cruce de una vía en dos etapas. Ver capítulo 5. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.678).



Figura 6.9. Isleta peatonal.

Nota: E. Eiroa. (2018). Recuperado de https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/coruna/coruna/2018/02/04/3018-pasos-cruzar-bien-calles/0003_201802H4C2991.htm

6.2.3.2 *Semáforos*

Cruce regulado por luces semafóricas que priorizan el paso peatonal mediante luz verde. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.678).

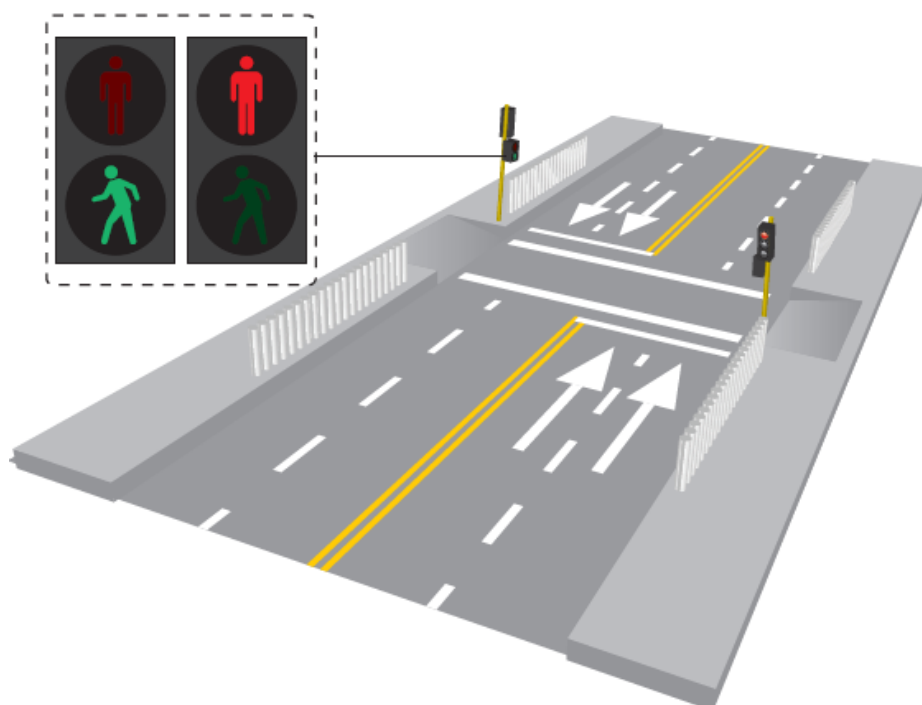


Figura 6.10. Paso peatonal regulado por semáforo.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.685.

6.2.3.3 *Paso peatonal a desnivel*

Estructura elevada sobre el nivel de la calzada, (puente) o paso deprimido (túnel), que posibilita pasar de un lado al otro de la vía sin que haya interferencia alguna entre vehículos y peatones. Se usan generalmente en autopistas o vías de velocidades de 60 km/h o superiores o donde se registran atropellos frecuentemente. Su uso en vías urbanas cada vez se evita más debido a que no es inclusivo, no es incluyente con las personas en situación de discapacidad y además hace que el peatón haga un extrarrecorrido teniendo en cuenta que el peatón tiene la prioridad según la pirámide invertida de la movilidad. Por este motivo se están instalando pasos a nivel con semáforos para priorizar al peatón y hacer que tenga un recorrido menor. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.678).

Los accesos o rampas se deben construir de manera que no obstruyan la circulación y visibilidad de los peatones. Su ancho mínimo es de 2 metros.



Figura 6.11. Paso peatonal a desnivel.

Nota: Aura Arquitectos. (2011). Recuperado de <https://www.aurarquitectos.com/puente-peatonal-imstt1>

6.3 ANDENES

Es la faja longitudinal ubicada a los costados de la vía destinada para uso peatonal. En algunos casos excepcionales puede servir a la movilidad de personas en vehículos no motorizados. En los andenes están ubicados los elementos urbanos que brindarán confort y seguridad dentro de la vía (luminarias, señalización).

Este elemento se detalla en el capítulo 3.

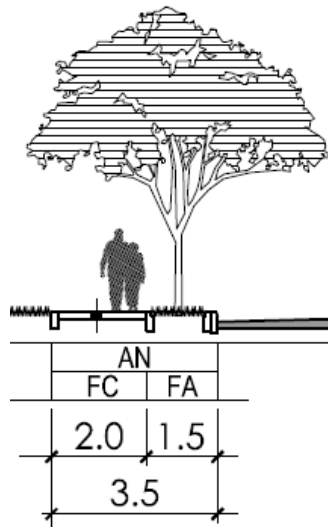


Figura 6.12. Perfil de un andén.
Nota: Decreto 0113/ 2017.

7. CICLORRUTAS

En el contexto urbano la bicicleta toma cada día más importancia como modo de transporte debido a su versatilidad, economía, rapidez, solución amigable con el medio ambiente, independencia del usuario y demás; y para legitimar aún más este modo se debe tener una buena infraestructura que esté acorde a las necesidades de cada ciudad. Cada vez se busca incorporar más la bicicleta en los sistemas por medio de construcción de infraestructura adecuada y creación de servicios y equipamientos que ayuden a incentivar y complementar el uso cotidiano de la bicicleta.

La bicicleta tiene una alta efectividad como medio de transporte en términos de ocupación de espacio, consumo de energía y velocidad promedio, para distancias cortas y medias. Para distancias superiores a 0,5 km, en donde el desplazamiento peatonal tiene mejores resultados, e inferiores a 5 km, la bicicleta es más rápida que cualquier otro medio de desplazamiento. Todo ello teniendo en cuenta los tiempos de acceso a los vehículos, así como las etapas desde los paraderos o los estacionamientos hasta el destino final. Una distancia de recorrido en bicicleta como modo de transporte diario es óptimo hasta 7km u 8km, distancias más largas empiezan a ser poco eficientes y empiezan a ganar viabilidad el transporte público o particular. Además de lo anterior la bicicleta ofrece otras ventajas como: medio deportivo o recreativo, disponibilidad inmediata, fácil de llevar, bajo costo de mantenimiento y adquisición, silenciosa, sostenible, ayuda en el deporte diario y por ende mejora la salud física y mental. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.35).

El diseño de la cicloinfraestructura debe estar basado técnicamente y se debe tener en cuenta que la bicicleta es un vehículo (no motorizado) y por ende debe seguir cumpliendo diferentes aspectos del diseño en temas de movilidad y todas las reglas del código de tránsito, en consecuencia, los conceptos y diseños de la infraestructura deben estar sujetos a la condición de vehículo, incluyendo las regulaciones de tráfico y movilización vehicular. No obstante, en muchas ciudades y actualmente esas implementaciones no han sido las más óptimas, se ha dejado a un lado lo técnico, las exigencias de cada lugar, y la cultura de cada población y solo se le ha dado solo un enfoque urbanístico lo que ha hecho que no en todas las ciudades tenga la misma acogida.

Del mismo modo es cierto que falta mucha cultura por parte de los conductores de los vehículos motorizados quienes en su mayoría aun no comparten de manera armoniosa la vía con los ciclistas. Se necesita que las ciudades sean ciclo-inclusivas, es decir, que cualquier persona puede utilizar la bicicleta de manera segura y cómoda para todos sus desplazamientos, y para todos los periodos del día y del año. Debido a esto se tiene en Colombia la “ley pro bici” o ley 1811 de 2016. Esta ley tiene por objeto incentivar el uso de la bicicleta como medio principal de transporte en todo el territorio nacional; incrementar el número de viajes en bicicleta, avanzar en la mitigación del impacto ambiental que produce el tránsito automotor y mejorar la movilidad urbana. Para lograr lo anterior, tiene algunos enunciados:

- Todo conductor de vehículo automotor deberá realizar el adelantamiento de un ciclista a una distancia no menor de un metro con cincuenta centímetros (1.50 metros) del mismo. (Parágrafo 3°).
- Obligatoriedad de transitar por los carriles demarcados. (Artículo 60).
- Los conductores de vehículos deberán respetar los derechos e integridad de los peatones y ciclistas, dándoles prelación en la vía. (Artículo 63).
- Las bicicletas y triciclos deben transitar ocupando un carril. (Artículo 95).

7.1 REQUISITOS CLAVES DE UNA CICLOINFRAESTRUCTURA

Los principales requisitos que deben cumplir la cicloinfraestructura son:

7.1.1 Seguridad

Se refiere tanto a la vial, como a la ciudadana. Tiene en cuenta los conflictos con otros vehículos o con peatones y la criminalidad. Debe estar basada en indicadores o cifras de siniestros o de delitos. En materia de seguridad vial, es fundamental considerar las intersecciones en donde no existen conexiones de redes ciclistas. Tanto el trazado como el diseño deben minimizar las situaciones de riesgo real y percibido con relación a otros vehículos y peatones. Su finalidad es evitar situaciones en las que los usuarios se sientan inseguros, como evitar trazados por calles de altas velocidades e intensidades de tráfico. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.65).

7.1.2 Directividad

Se entiende como la búsqueda de los caminos más cortos y directos entre los diferentes orígenes y destinos de desplazamiento. La red debe propiciar rutas lo más directas posibles, en donde se reduzcan al mínimo los desvíos. La directividad se relaciona así con el tiempo empleado por las personas para sus recorridos en bicicleta y, por tanto, con la velocidad de estos, con la frecuencia de detenciones y el número de intersecciones. Su finalidad es facilitar las velocidades y maniobras deseadas, minimizar la pérdida de tiempo, reduciendo el número de cruces, rodeos, y optimizando las intersecciones. Los recorridos deben tener el menor número de desvíos posibles y debe atender al comportamiento cotidiano del usuario. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.65).

7.1.3 Coherencia

Es la integración y conectividad con sí misma y con los demás medios de transporte de la red. Es la necesidad de que la cicloinfraestructura sea apropiada a los perfiles de personas que la van a utilizar, debe tener la suficiente extensión para atender diferentes orígenes y destinos de desplazamiento, debe ofrecer continuidad de las rutas, sin interrupciones ni cambios de diseño incomprensibles para sus usuarios. Su finalidad es facilitar el recorrido con claridad sobre la ruta, evitar los cambios de tipologías en un corredor específico, utilizar la debida señalización cuando haya un cambio. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.66).

7.1.4 Comodidad

Se define como la reducción del esfuerzo físico y mental derivado de utilizar la bicicleta, pretende evitar la tensión permanente en la convivencia con los demás actores de la vía, las paradas, arranques y aceleraciones repetidas, las pendientes elevadas, las vibraciones o molestias causadas por el pavimento y los obstáculos que pueden surgir en el camino. Su finalidad es minimizar los esfuerzos mediante radios adecuados, reducción de pendientes, superficies regulares, pavimentos de textura uniforme, con colores que resalten y una adecuada señalización. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.66).

7.1.5 Atractividad

Es el conjunto de percepciones del ciclista que hacen que le resulte amable y estimulante el uso de la cicloinfraestructura. Incluye los recursos paisajísticos y ambientales que ofrece el entorno además de la facilidad de intermodalidad, es decir, el intercambio con otros modos y así poder que se multipliquen las oportunidades de recorrido y se fortalezca el sistema de modos de desplazamiento sostenibles. Su finalidad es hacer un entorno visual agradable y aprovechar las bondades del clima, esto haciendo

trazados por zonas de alto valor arquitectónico o paisajístico, trazados por zonas de tráfico calmado, trazado por zonas con bastantes árboles para mitigar la radiación solar y ofrecer sombra. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.66).



Figura 7.1. Requisitos claves de la cicloinfraestructura.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.65.

7.2 METODOLOGÍA PARA EL TRAZADO

7.2.1 Tipos de usuario

Así como en vías urbanas (para vehículos motorizados) se debe escoger un vehículo de diseño para el cual se diseñarán los diferentes elementos de la vía, en las cicloinfraestructuras se debe elegir el tipo de usuario para el cual será destinada. No todos los ciclistas tienen los mismos comportamientos en la vía y no todos recorren las mismas distancias y a las mismas velocidades. Así como en los autos se piensa en el “más desfavorable” como el más grande y pesado, aquí se analiza el que menos pericia tenga, el que mantenga unas velocidades moderadas y recorra una distancia acorde a su rutina diaria. Las ciclorrutas de la ciudad no son diseñadas para ciclistas de alto rendimiento deportivo o para carreras de velocidad, se debe entender que hay usuarios nuevos, temerosos, y que paulatinamente desean convertir la bicicleta como un modo de transporte. Los ciclistas según su mentalidad al momento de conducir la bicicleta se clasifican en tímidos (lentos, inseguros), agresivos (impredecibles, rápidos, no acatan deberes) o capacitados (seguro, acata normas, fluye con el tránsito). (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.61).

Según el uso que le den a la cicloinfraestructura se clasifican según la Tabla 7.1:

Tabla 7.1 Tipos de usuarios ciclistas

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.62

TIPO DE CICLISTA	LONGITUD DEL RECORRIDO TÍPICO	VELOCIDAD MEDIA DE VIAJE
Urbano cotidiano	3-8 km en cada viaje de ida o de vuelta	15-20 km/h
Recreativo de paseo	5-12 km	10-15 km/h
Recreativo de días festivos	20-40 km	10-15 km/h
Cicloturista	40-80 km	15 – 25 km/h
Deportivo de carretera /ruta	50-120 km	30 - 35 km/h
Deportivo de montaña	30-50 km	Muy variable en función de las pendientes

7.2.2 Puntos de partida: destinos y orígenes

El trazado de la ciclo-infraestructura debe buscar el equilibrio entre facilitar el acceso a los principales destinos de un territorio, y garantizar la conexión más directa entre los principales focos de generación y atracción de desplazamientos. Normalmente, las áreas de origen son las residenciales y las de destino son: centros urbanos, centros comerciales, centros empresariales, edificios de función pública, instituciones educativas, equipamientos deportivos, hospitales, centros culturales, nodos principales de transporte público, parques y demás. Dependiendo el sentido del trayecto las áreas de origen se convierten en destino y viceversa. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.67).

7.2.3 Líneas de deseo y adaptación a la infraestructura existente

Una vez identificados los orígenes y destinos, se trazan las conexiones entre ellos, denominadas “líneas de deseo o de preferencia”. Las líneas de deseo se utilizan para marcar las conexiones más directas entre las áreas de origen y destino independientemente del trazado de la red vial. Se trata por lo tanto de una presentación abstracta del patrón de viajes esperados en bicicleta. Su densidad en una determinada zona es el factor que indica la conveniencia de trazar de manera prioritaria una ruta ciclista. Luego se convierten las líneas de deseo en rutas, creando una red teórica para el conjunto de destinos elegidos. Los criterios principales para el trazado de estas rutas teóricas son la continuidad y la rapidez, evitando dar rodeos innecesarios o trazados con mayor desnivel acumulado. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.68).

7.3 CRITERIOS DE DISEÑO

7.3.1 Escoger el tipo de infraestructura

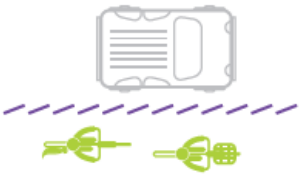

Ciclorred		Subtipo	Forma de segregación o adaptación
A Vías ciclistas		Ciclorruta	Física (cambios de altura o instalación de elementos físicos permanentes)
		Ciclobanda	Cambio de pavimento Dispositivos de canalización de tránsito (hitos, balizas o elementos similares) Demarcación
B Vías ciclo-adaptadas		Prelación de bicicleta	Banda ciclopreferente Carril ciclopreferente
		Autorizadas para el tránsito de bicicletas	Carril bus-bici Contraflujo ciclista Calle peatonal
		Calle con tránsito calmado	Uso compartido de calzada

Figura 7.2. Tipos de cicloinfraestructura.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.50

7.3.2 Determinar el tipo de segregación

7.3.2.1 Segregación física (Dura):

Son elementos físicos que impiden o dificultan salir o entrar de una vía segregada. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.75).

7.3.2.2 Segregación visual (Blanda):

Son elementos visuales (marcas viales, delineadores de tránsito, color o textura del pavimento) que delimitan las vías segregadas. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.75).

7.3.3 Determinar los sentidos de circulación

Se debe determinar su carácter de unidireccional o bidireccional. Para el caso de las ciclobandas solo se permiten unidireccionales, para las ciclorrutas existen ambas opciones. La decisión sobre los sentidos de circulación depende de aspectos como la seguridad o comodidad ciclista y los conflictos con los peatones y los vehículos motorizados, la disponibilidad de espacio. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. pp.85-86).

A continuación, se muestran algunas características de cada sentido:

7.3.3.1 Unidireccionales:

Al circular en el mismo sentido simplifica el diseño de las intersecciones y las hace más seguras, hay mayor facilidad para el cruce de peatones, tienen mayor costo de ejecución y limpieza, se requiere más espacio para su implantación, puede haber ciclistas que circulen en contraflujo.

7.3.3.2 *Bidireccionales:*

Tienen menor costo de ejecución y mantenimiento, se requiere menos espacio vial para su implantación. Se dificulta el diseño de intersecciones y suelen ser menos seguras debido al número de conflictos, requieren una mayor segregación, posibilidad de choque frontal ciclista / ciclista.

7.3.4 *La vía existente*

Hay que analizar la vía en la cual se va a implementar la cicloinfraestructura, hay que tener en cuenta aspectos como la seguridad vial, el tránsito promedio diario (TPD), la velocidad de operación, el ancho disponible de la sección y el uso actual de la vía, el número de carriles, la existencia de estacionamientos, las pendientes, las intersecciones, el tránsito peatonal. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.87).

7.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

7.4.1 *Dimensiones de referencia*

Las vías ciclistas deben tener unas dimensiones que permitan tanto el tránsito seguro y cómodo de bicicletas como las maniobras de adelantamiento, encuentro, parada, etc. Se deben tener en cuenta las dimensiones básicas del conjunto bicicleta-ciclista: la altura y la longitud igual o inferior a 1.90 metros y el ancho de aproximadamente 0.70 metros. Esta dimensión se amplía al considerar el espacio de circulación, que incluye los requerimientos necesarios de los ciclistas para guardar el equilibrio. El espacio de circulación básico para bicicletas convencionales se establece en 1.00 metro de ancho y 2.25 metros de altura. Pero hay que tener en cuenta también la posible ampliación de esos espacios de circulación en función de las características del usuario (edad, condición física), del entorno (pendientes) o del contexto (viento). Estas medidas son aplicables para las bicicletas estándar de dos ruedas. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.93).

A los espacios de circulación hay que añadir un espacio de seguridad o de maniobra de unos 0.20 metros en cada lado (0.10 metros en espacios limitados). Con estos criterios, se recomienda que las vías de un solo sentido de circulación para bicicletas tengan 1.40 metros de ancho libre, lo que permite la circulación cómoda de una persona (gráfico A). Para poder circular en paralelo o facilitar los adelantamientos, el ancho debe tener como mínimo 1.60 metros y para realizar estas maniobras con comodidad se debería prever una banda con 2.00 metros, (gráfico B). La sección de una vía para bicicletas que combina los dos sentidos de circulación debe tener como mínimo 2.20 metros de ancho pavimentado, pero para aumentar la comodidad y la velocidad en el cruce de dos ciclistas la sección debe ser igual o mayor a 2.60 metros (gráfico C). (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.94; Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia, 2018, p.162).

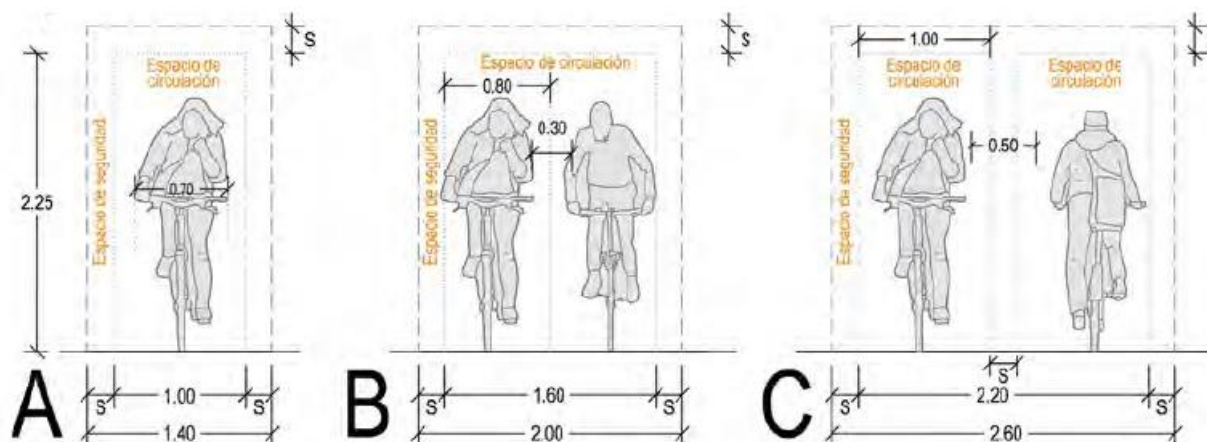


Figura 7.3. Dimensiones básicas del conjunto bicicleta – ciclista.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.93.

Como se mencionaba anteriormente estas medidas son válidas para las bicicletas estándar de dos ruedas, pero existen otros tipos de bicicletas que pueden llegar a doblar estas dimensiones y deben tener cuidado al circular por una vía ciclista tradicional ya que como se explicó anteriormente no son el “usuario de diseño”.

Tabla 7.2 Dimensiones de los diferentes tipos de vehículos ciclistas

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.95.

VEHÍCULOS	ALTURA (m)	LONGITUD (m)	ANCHO (m)
Bicicleta urbana	1.80	1.90	0.70
Bicicleta de carga	1.80	2.10	1.00
Triciclo	1.80	2.10	1.20
Triciclo de transporte de viajeros	1.95	2.70	1.30

7.4.1.1 Anchos mínimos recomendados

Tabla 7.3 Anchos mínimos recomendados

Nota: Datos adaptados de la Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015.

SENTIDO	TIPO DE VÍA CICLISTA	ANCHO MÍNIMO RECOMENDADO(m)
Unidireccional	Ciclorruta	1.20
	Ciclobanda	1.00
	Carril bus-bici (sin adelantamiento)	3.00
Bidireccional	Ciclorruta	2.50
	Ciclobanda-andén	2.30
	Vía peatonal con uso ciclista autorizado	3.00
	Calles de sentido único con contraflujo	3.50

7.4.2 Velocidad

La velocidad está directamente relacionada con la pendiente longitudinal y depende de muchos factores. Pero se usan como valores típicos de diseño velocidades entre 20 km/h y 30km/h. Velocidades superiores no son recomendables por seguridad vial y queda a responsabilidad de los usuarios si transitan a esas velocidades. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.99).

7.4.3 Alineamiento horizontal

Para el diseño en planta se diferencia entre la curvatura en tramos y el radio de giro en intersecciones. En ambos casos se utiliza como referencia la velocidad de circulación. Los radios entre tramos son mayores para no reducir sensiblemente la velocidad del ciclista, mientras que en las intersecciones son menores ya que se requiere la reducción de la velocidad y al mismo tiempo el espacio suele ser más limitado. Asimismo, a la hora de diseñar una vía ciclista, hay que tener en cuenta que el ciclista se suele inclinar al entrar en las curvas, por lo cual la vía debe ser más ancha en el interior de la curva en función del radio de esta. En intersecciones hay que respetar un radio mínimo de 3 metros, pues por debajo de esa cifra se obligaría al ciclista a bajar de su vehículo o a maniobras de equilibrio difíciles. En caso de diseñar vías aptas o concebidas especialmente para los triciclos, el radio mínimo debe ser de 5 metros. En tramos se debe garantizar un radio mínimo de 10 metros. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. pp.99-100).

7.4.4 Alineamiento vertical

7.4.4.1 Pendientes longitudinales y transversales

Habitualmente la pendiente longitudinal y transversal de la ciclorruta es la misma de la vía existente donde se implementa. Se exceptúan casos como ciclorrutas segregadas en separadores, ciclorrutas en andenes, o ciertos tramos como bahías o pompeyanos para paraderos de buses o paradas excepcionales.

En relación con las pendientes longitudinales de las vías, hay que tener en cuenta que afectan no sólo al esfuerzo para ascender sino también la seguridad en los descensos. En condiciones ideales es recomendable que los trazados no superen el 6% de gradiente ascendente, ya que son poco cómodos y atractivos para los ciclistas urbanos cotidianos. Pero esto es difícil de cumplir en muchas ciudades colombianas, como por ejemplo Medellín, en las cuales algunas vías tienen más del 10% de pendiente longitudinal y aun así son corredores ciclistas exitosos. Cuando esto ocurre se debe garantizar que la vía ciclista tenga el ancho suficiente para facilitar una buena maniobrabilidad en ascenso y descenso, así como una pavimentación adecuada que reduzca el rozamiento rueda-calzada en subida y las posibilidades de deslizamiento en bajada. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.100).

7.4.4.2 Distancia de visibilidad y de frenado

La distancia de frenado es la distancia requerida para frenar con seguridad, esto depende de factores como la pendiente, el estado del pavimento, el estado de las llantas y los frenos de la bicicleta y la velocidad ciclista. La distancia de visibilidad es la suma de la distancia de frenado más la distancia recorrida durante el tiempo de reacción que, como referencia, se supone de 2 segundos. La distancia de frenado mínima recomendable es de 20 metros. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.101).

7.5 SEÑALIZACIÓN

La señalización aquí presentada es tomada de la Guía de Cicloinfraestructura. Cabe resaltar que en Colombia se usa el Manual de Señalización Vial (2015) y este prima sobre cualquier otro instructivo y más

si se tiene alguna discrepancia de conceptos. La Guía de Cicloinfraestructura ofrece algunas modificaciones y complementos que enriquecen el contenido del Manual de Señalización, de manera que la señalización relacionada con la movilidad en bicicleta sea lo más completa posible.

7.5.1 Señalización vertical

La forma y el color dependen de la clasificación de las señales. El tamaño de las señales es más pequeño que el usado en las demás vías de la ciudad, corresponde a 45 cm (de diámetro para las reglamentarias, de ancho para el CEDA EL PASO, el PARE y las informativas, de longitud de la arista en las preventivas). Su ubicación debe ser mínimo a 0.30m del borde del sardinel o del borde de la ciclorruta. Los códigos de las señales que son exclusivas ciclistas tienen una C al final para indicar esto. A continuación, se muestran, según su categoría, las señales más usadas en diferentes cicloinfraestructuras. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.701-702).

7.5.1.1 Señales Reglamentarias



Figura 7.4. Señales reglamentarias en cicloinfraestructuras.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.149

7.5.1.2 Señales Preventivas







Dirigidas a los vehículos motorizados			Dirigidas a los ciclistas		
SP - 59	SP - 59A	SP - 59B	SPC - 01	SPC - 02	SPC - 03
					
Ciclistas en la vía	Cruce de Ciclistas	Ubicación de cruce de ciclistas	Vehículos en la ciclorruta	Descenso fuerte	Ascenso fuerte

Figura 7.5. Señales preventivas en cicloinfraestructuras.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.150

7.5.1.3 Señales Informativas y orientativas









SI - 11	SI - 08				
					
Vía para ciclistas	Paradero de bus				
SIC - 01	SIC - 02	SIC - 03	SIC - 04	SIC - 05	SIC - 06
					
Nombre o código de la vía ciclista	Dirección de la vía ciclista	Cicloparqueadero o estacionamiento de bicicletas	Fin de vía ciclista	Inicio de vía ciclista	Zona compartida ciclista - peatones

Figura 7.6. Señales informativas y orientativas en cicloinfraestructuras.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. P p.150,161 & Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.257.

7.5.2 Señalización horizontal

7.5.2.1 Líneas de demarcación horizontal

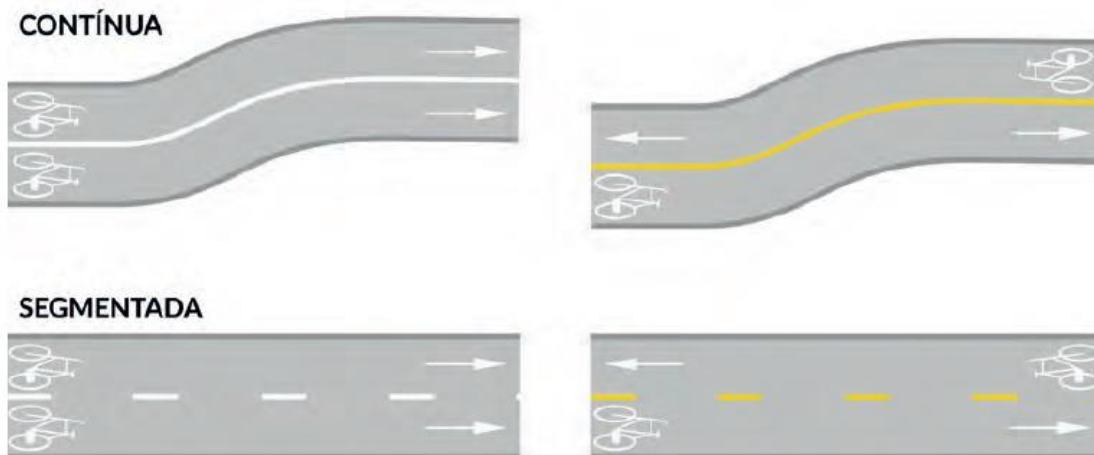


Figura 7.7. Líneas de demarcación horizontal.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.153

7.5.2.2 Paso para ciclistas

Cuando una vía ciclista cruza una vía convencional se delimita con líneas segmentadas, constituidas por cuadrados blancos de 40 cm de lado y separados también por brechas de 40 cm. Convencionalmente se pinta la zona de cruce de color rojo para el paso ciclista. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.154).

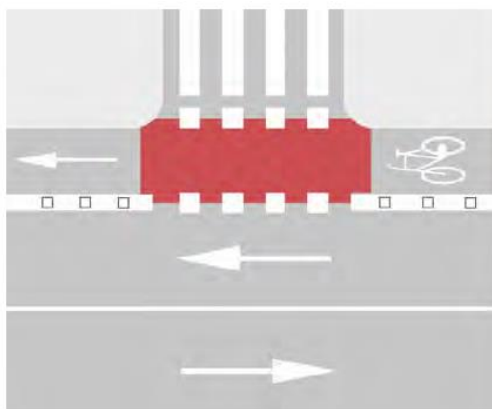


Figura 7.8. Cruce ciclista.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.155

7.5.2.3 Pictograma de bicicleta y flechas

La demarcación de las ciclorrutas se debe complementar con un pictograma de bicicleta de color blanco en el pavimento. El pictograma de la bicicleta sirve para indicar bandas reservadas para ciclistas y los pasos ciclistas. La distribución de pictogramas debe ser realizada en función de las características particulares del tramo, teniendo como referencia una distancia de 30 m. Las flechas indican al ciclista la dirección y sentido que debe seguir cuando transita por una vía para bicicletas. Se debe combinar la flecha con el pictograma de la bicicleta. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.156).

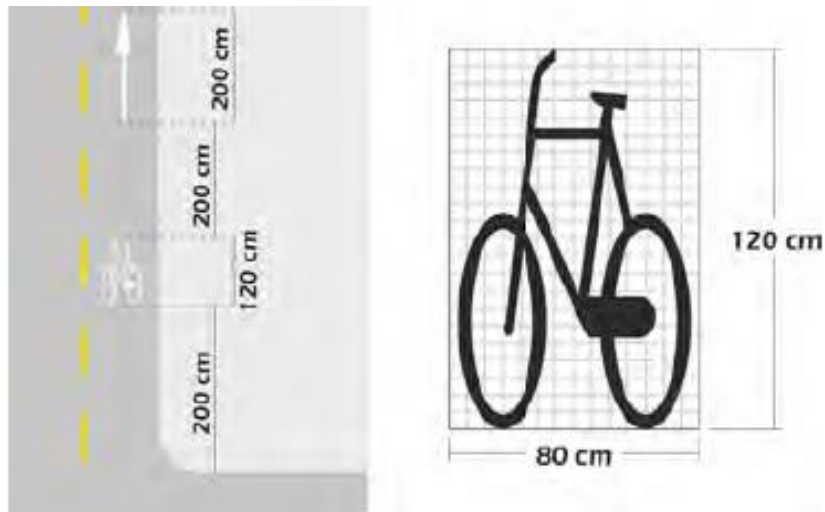


Figura 7.9. Ejemplo de demarcación de pictograma y flecha (izquierda), dimensión pictograma de bicicleta (derecha).

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.156.

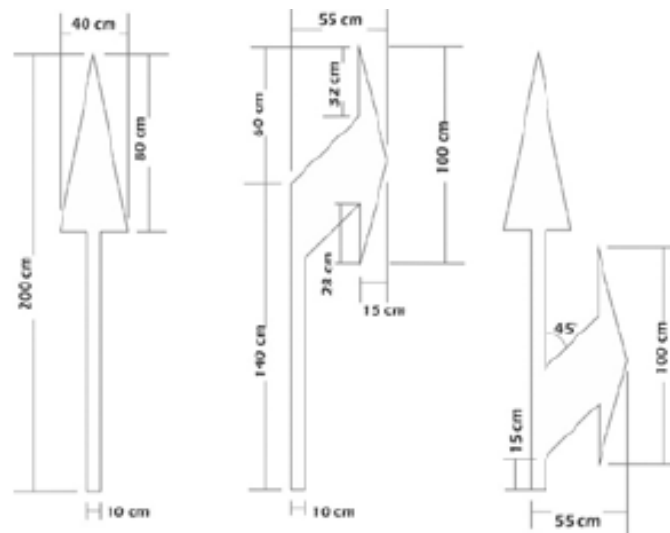


Figura 7.10. Dimensiones de las flechas ciclistas.

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.156.

7.5.2.4 CEDA EL PASO y PARE

Al igual que en los vehículos motorizados, el CEDA EL PASO indica que puede haber lugar a detención o no según las condiciones de visibilidad del cruce, y el PARE indica parada obligatoria. Ambos deben ir acompañados de sus respectivas verticales SR02 y SR01. Aun cuando los ciclistas están en el segundo lugar de la pirámide de movilidad, no tienen vía libre en las vías y en especial en los cruces, deben respetar las jerarquías viales y las maniobras de prelación establecidas por el código de tránsito. (Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. 2015. p.156).

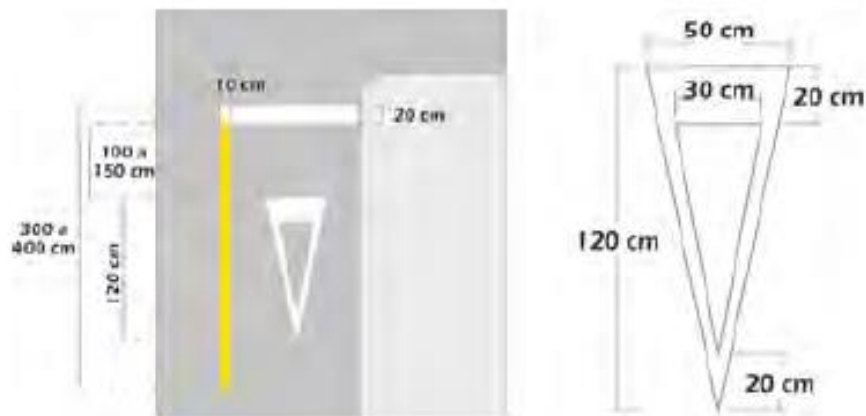


Figura 7.11. Dimensiones de la señal de CEDA EL PASO

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.156.

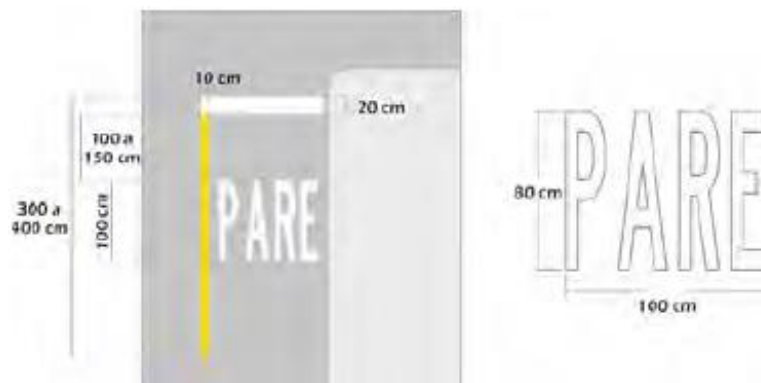


Figura 7.12. Dimensiones de la señal de PARE

Nota: Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas. MinTransporte. 2015. p.156.

8. SEÑALIZACIÓN

El presente manual aborda aspectos generales de la señalización a nivel urbano. Todo lo que aquí se menciona es tomado de referencia del Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte de Colombia (2015) y en ningún momento el presente manual pretende reemplazarlo o ser un documento independiente de este. Se mencionan los ítems más relevantes a tener en cuenta al momento de adelantar la señalización de una vía urbana, para cualquier detalle que no se mencione o deseo de profundización en el tema se debe remitir a dicho Manual.

La finalidad de la señalización es guiar y regular la circulación vehicular y peatonal con el objetivo de garantizar su seguridad, fluidez, orden y comodidad. La decisión de ubicar una determinada señalización debe basarse en las necesidades de la vía y el criterio del ingeniero encargado del diseño, siempre debe prevalecer la seguridad vial de los usuarios. La señalización debe estar en coherencia con el diseño geométrico de la vía para ofrecer un recorrido seguro y cómodo, libre de sorpresas y desorientaciones.

Es importante anotar que los errores que se generen tanto en la etapa de diseño y construcción en un sistema vial, en este caso urbano, no se deben de solucionar ni maquillar con la señalización. Es común encontrar en el país señales como “Sitio de alta accidentalidad” o “Curva Peligrosa”. Se debe de analizar porqué es un sitio de alta accidentalidad o a que se debe que la curva sea peligrosa y corregir el problema de raíz no con señalización. La señalización es un complemento a la seguridad vial la cual se debe considerar desde el mismo momento en que se hace la planeación de un proyecto.

8.1 ASPECTOS CLAVES DE LA SEÑALIZACIÓN

Toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

- a. Debe ser necesaria y satisfacer esa necesidad importante.
- b. Debe ser visible y llamar la atención
- c. Debe ser legible y fácil de entender
- d. Debe estar en un lugar apropiado para dar tiempo suficiente al actor del tránsito para responder adecuadamente.
- e. Debe infundir respeto
- f. Debe ser creíble

(Manual de Señalización Vial. 2015. p.9)

Además, deben satisfacer determinadas condiciones respecto de los siguientes aspectos claves:

- a. El diseño: Debe tenerse en cuenta el tamaño, contraste, colores, forma, composición, retrorreflexión diagramación del mensaje, legibilidad mensaje acorde a la situación que se señala, iguales características tanto en el día como en la noche.
- b. Instalación: Las señales deben ser instaladas de modo tal que un conductor que viaja a la velocidad de diseño debe tener siempre el tiempo suficiente para distinguir la señal, leerla, entenderla, seleccionar la acción o maniobra apropiada y realizarla con seguridad y eficacia. Deben estar dentro del cono visual del conductor del vehículo.
- c. Conservación y mantenimiento: las autoridades competentes de la movilidad en cada ciudad son las encargadas de velar por el mantenimiento de las señales y hacer su oportuna limpieza, reemplazo o retiro. Los programas de conservación de vías deben incluir el reemplazo de

dispositivos que no cumplan con el objeto para el cual fueron instalados. Es necesario estar evaluando la retrorreflectividad y analizar que si cumpla con lo establecido por el manual del ministerio. Todos los dispositivos de regulación de tránsito que no son necesarios deben ser removidos.

- d. Uniformidad: La señalización debe tratar siempre situaciones similares de la misma manera.
- e. Justificación: Las señales deben tener un uso razonable ya que de no hacerlo se pierde toda su credibilidad.

(Manual de Señalización Vial. 2015. pp.9-10)

8.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

8.2.1 Forma, color, tamaño y ubicación

La forma y el color dependen de la clasificación de las señales. El tamaño de las señales se determina en función de la velocidad máxima permitida, ya que ésta identifica las distancias mínimas a las que la señal debe ser vista y leída. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.20).

Los rangos que presenta el Manual de Señalización para vías urbanas son:

- a. Menor o igual a 50 km/h
- b. 60 ó 70 km/h
- c. 80 ó 90 km/h

Las señales deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, y deben ser retrorreflectivas. Su ubicación debe considerar la distancia entre la señal y la calzada y la altura de la señal. En la Figura 8.1 se muestran las dimensiones que se deben tener para la ubicación. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.21; Arboleda, 2010, p.96).

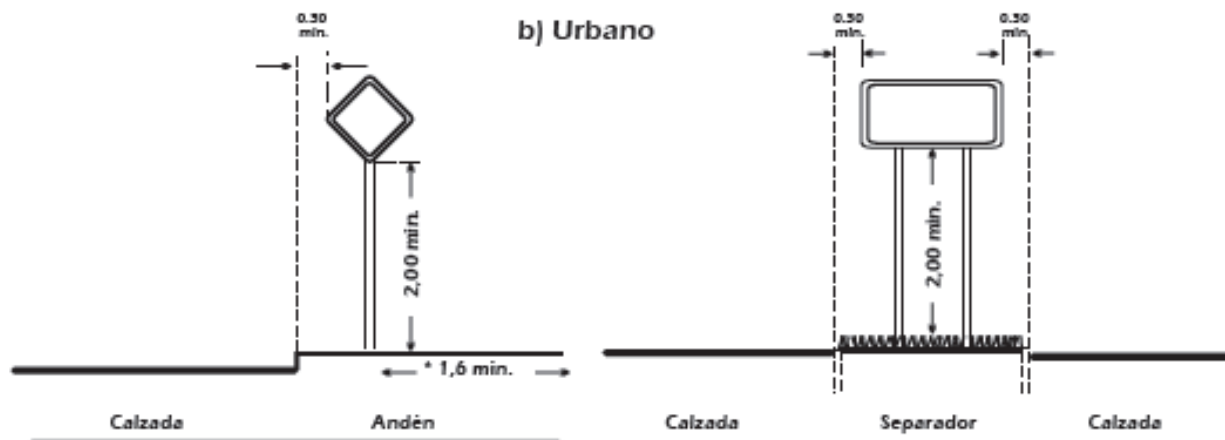


Figura 8.1. Ubicación de señales verticales.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.24.

8.2.2 Señales preventivas

Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes. Tienen la forma de un cuadrado rotado 45°, con la excepción del PASO A NIVEL (CRUZ DE SAN ANDRÉS) SP-54 y el DELINEADOR DIRECCIONAL SP-75; su

símbolo y leyenda son negros. Sus colores son amarillo o amarilloverde-fluorescente y negro. deben ubicarse con la debida anticipación del sitio del riesgo a prevenir, de tal manera que los conductores tengan el tiempo de percepción-respuesta. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.17-19, 111-112, 116; Arboleda, 2010, p.96).

8.2.3 Señales reglamentarias

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito. Su forma es circular y se exceptúan las señales PARE SR-01, CEDA EL PASO SR-02, SENTIDO UNICO DE CIRCULACIÓN SR-38 Y SENTIDO DE CIRCULACIÓN DOBLE SR-39. Sus colores son blanco, rojo y negro. Deben estar ubicadas en el lugar donde se requiera establecer la regulación. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.17-19, 33, 36-37; Arboleda, 2010, p.96).

8.2.4 Señales informativas

Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros. Son rectangulares o cuadradas. Sus colores de fondo son azul o verde, y marrón cuando se trata de señales turísticas. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.17-19, 215-218; Arboleda, 2010, p.96).



Figura 8.2. Ejemplos de señales verticales.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.33, 114, 257.

8.2.5 Señales de mensajes variables (SMV)

Es un dispositivo capaz de desplegar alternada o intermitentemente señales de tránsito o mensajes mediante leyendas o símbolos dirigidos a los usuarios de las vías de acuerdo con los requerimientos existentes en la vía o en sus inmediaciones. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.331).



Figura 8.3. Señal de mensaje variable.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.332.

Tienen aplicación para los siguientes usos:

- a. Manejo de incidentes y desvíos de rutas.
- b. Advertencia de situaciones de condiciones ambientales adversas.
- c. Información de precios de peaje.
- d. Información de tiempos de viaje.
- e. Advertencias especiales, como derrumbes o bloqueo de carriles.
- f. Regulaciones de tránsito especiales.
- g. Control de velocidad.
- h. Uso de carriles o rampas de acceso o salida.
- i. Situaciones de control policial.
- j. Recomendaciones de seguridad vial, como “use cinturón de seguridad”, “encienda luces”, etc.
- k. Condiciones de operación en puentes, túneles o rutas.

(Manual de Señalización Vial. 2015. p.333).

Las SMV no deben contener mensajes comerciales, políticos, institucionales, animaciones, destellos rápidos, disoluciones, explosiones, desplazamiento vertical u horizontal ni otros movimientos dinámicos. Las letras deben ser mayúsculas con una altura de 45 cm en vías con una velocidad mayor o igual a 70 km/h y de 30 cm en vías con velocidades menores a 70 km/h. Para su ubicación se debe tener en cuenta: que el lugar anteceda a puntos de decisión para permitir a los conductores tomar una ruta alternativa en el caso de congestión o cierre de calzada, antes de embotellamientos, áreas de accidentes graves o de recintos sede de eventos masivos; preferiblemente instalarla en un tramo de vía recto. El lugar de ubicación debe ser de fácil y seguro acceso por los vehículos de mantenimiento, debiendo contemplarse un área de estacionamiento seguro para éstos. El lugar de ubicación debe facilitar el suministro de electricidad. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.333-335).

8.3 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

También llamadas demarcaciones, son marcas viales conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se adhieren sobre el pavimento, bordillos o estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como a los dispositivos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Se deben ubicar al inicio o fin de una restricción o

autorización, deben advertir o informar sobre maniobras o acciones que se van a realizar más adelante. Al momento de eliminar una demarcación se puede utilizar cualquier proceso mecánico o químico que elimine totalmente la demarcación obsoleta siempre que no dañe el medio ambiente ni el pavimento, no se acepta el recubrimiento con pintura gris o negra, ya que se desgasta con el tiempo dejando visible la demarcación anterior. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.359-360).

8.3.1 Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar carriles y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril; zonas con prohibición de estacionar; y para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos. Estas líneas pueden ser: Líneas que separan flujos opuestos (dobles calzadas), líneas que separan carriles, líneas de borde de pavimento. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.361).

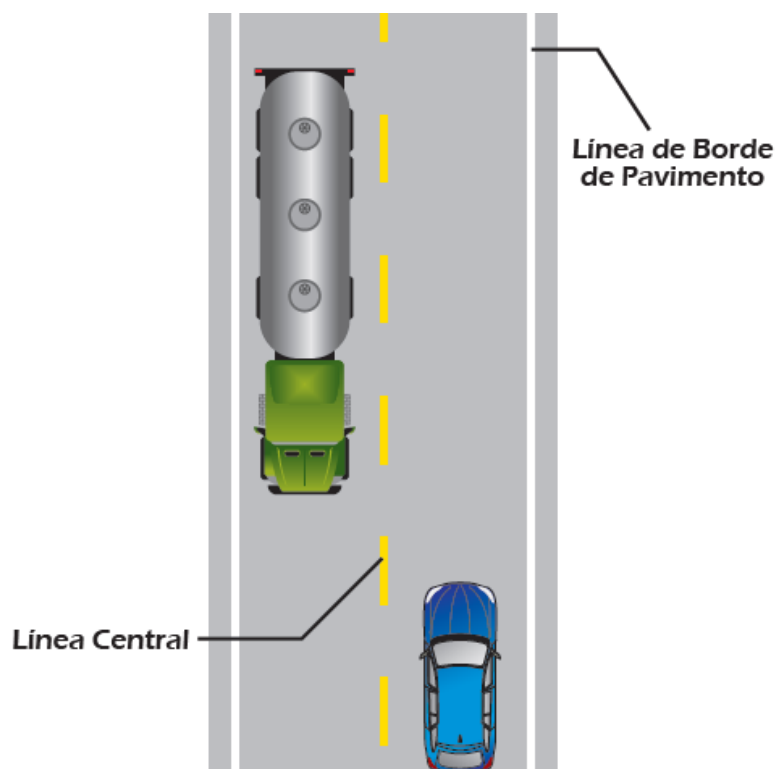


Figura 8.4. Líneas longitudinales.





Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.367.

8.3.1.1 CARACTERÍSTICAS

COLOR

Tabla 8.1 Colores de las líneas longitudinales

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.368-369.

COLOR	USO
Blanco 	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de flujos que van en la misma dirección • Demarcar el costado derecho del pavimento en la dirección de flujo en vías de doble sentido de circulación • Demarcar el costado derecho e izquierdo del pavimento en la dirección del flujo en vías en un mismo sentido de circulación
Amarillo 	<ul style="list-style-type: none"> • Separación entre flujos que van en sentido opuesto en vías de una sola calzada de dos sentidos • Demarcar el costado izquierdo en la dirección de flujo de calzadas con un sentido de circulación en vías de dos o más calzadas con separador y rampas de enlaces
Azul 	<ul style="list-style-type: none"> • El color azul se usa para demarcar las líneas de borde de pavimento en las aproximaciones y frente a hospitales, clínicas y centros de atención médica.
Rojo 	<ul style="list-style-type: none"> • El acceso a una rampa de emergencia • Carriles a los cuales no debe ingresarse desde la dirección en la cual son visibles • En sardineles para indicar una prohibición de estacionamiento

FORMA Y ANCHO

El ancho de una línea normal oscila entre 12 y 15 cm, en ciclorrutas de 10 cm. Una línea es ancha si tiene el doble de una línea normal. En cuanto a la forma se tienen continuas y discontinuas (segmentadas): continua significa que ningún vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella, no se debe adelantar ni cambiar de carril; discontinua indica que está permitido su traspaso. Una línea doble indica el máximo nivel de restricción y una línea punteada advierte de una transición entre diferentes clases de líneas. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.369).

A continuación, se muestra el patrón que se debe tener de las líneas segmentadas según la velocidad de la vía:

Tabla 8.2 Patrón de líneas longitudinales segmentadas

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.370.

Velocidad máxima de la vía (km/h)	Patrón (m)	Relación demarcación brecha	Largo demarcación (m)	Largo brecha (m)
Mayor a 60	12	4.5 a 7.5	4.5	7.5
Menor o igual a 60	8	3 a 5	3	5
Ciclorrutas	3	1 a 2	1	2

8.3.2 Líneas transversales

Las líneas transversales se utilizan en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.361, 383).

8.3.3 Demarcaciones para cruces

Las intersecciones de vías requieren de una señalización vertical o semaforización que establezca la prioridad entre ellas. Así se reduce la de confusión de los usuarios y se incrementa la eficiencia de las intersecciones. (Manual de Señalización Vial. 2015. p. 384).

En toda intersección a nivel la importancia de una vía prevalecerá sobre la otra, y por ende la de menor importancia tendrá una señal de PARE o CEDA EL PASO. La elección entre uno u otro se hará teniendo presente las siguientes consideraciones:

- Cuando exista un triángulo de visibilidad adecuado a las velocidades de diseño de ambas vías y las relaciones entre flujos convergentes no exijan una prioridad absoluta, se usará la señal CEDA EL PASO.
- Cuando el triángulo de visibilidad no cumpla con los mínimos requeridos para la velocidad de aproximación al cruce, o bien la relación de los flujos de tránsito aconseje otorgar prioridad absoluta al mayor de ellos, se utilizará la señal PARE

A continuación, se muestran algunos tipos de cruces y la integración que debe existir entre las señales, semáforos y demarcaciones según la condición operativa de cada caso.

a. Cruce controlado por señal Pare SR-01

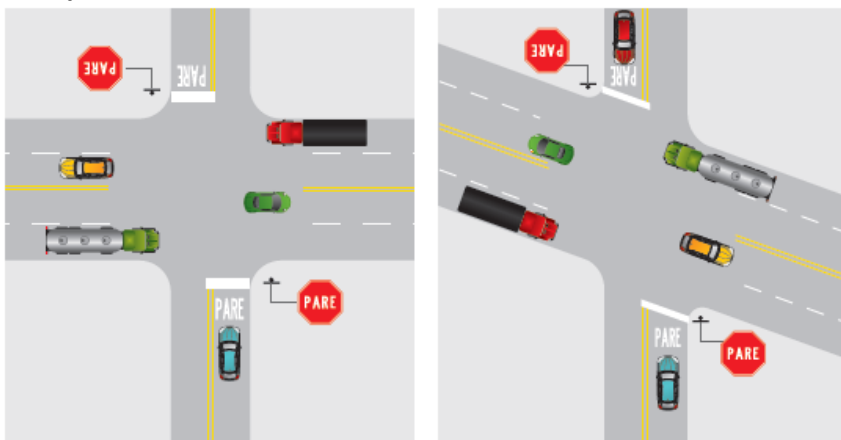


Figura 8.5. Cruce controlado por la señal PARE.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.385.

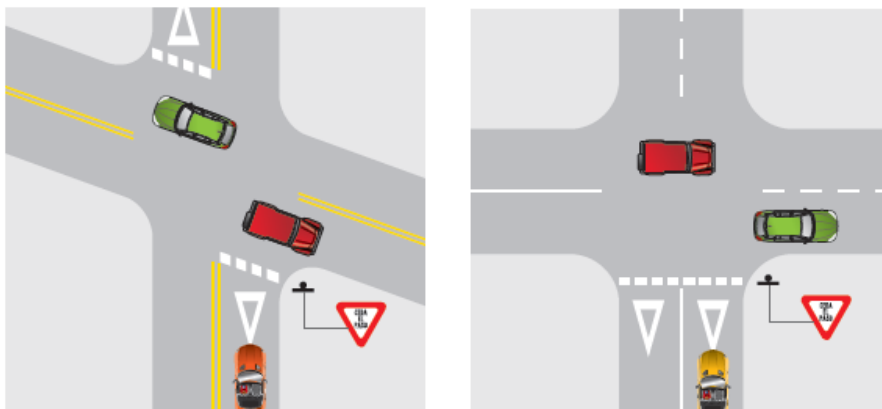
b. Cruce controlado por señal Ceda el Paso SR-02

Figura 8.6. Cruce controlado por la señal Ceda el Paso.
Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.387.

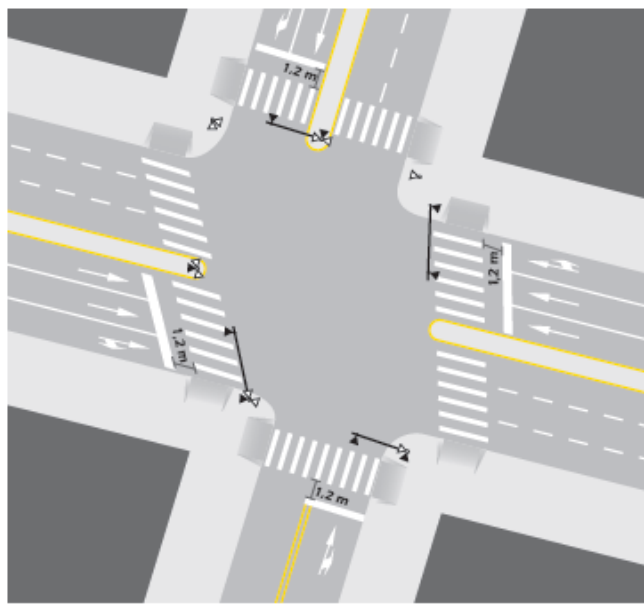
c. Cruce regulado por Semáforos

Figura 8.7. Cruce controlado por semáforos.
Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.387.

d. Cruce con restricción de bloqueo (RAB: Rectángulo anti bloqueo)

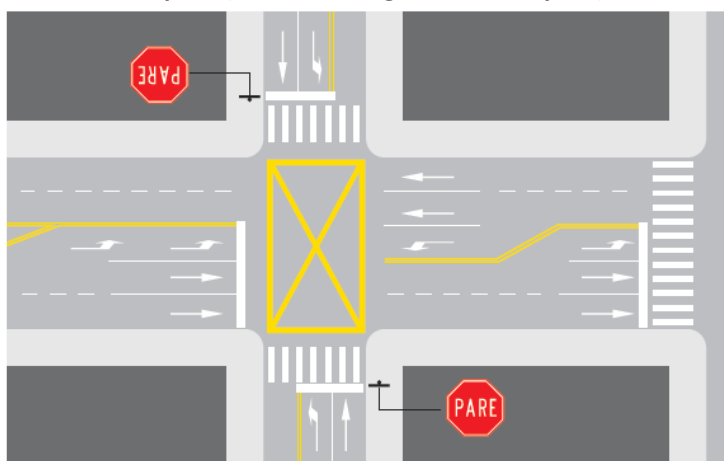


Figura 8.8. Cruce con restricción de bloqueo.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.388.

e. Cruce peatonal

Estas marcas pueden ser: Cebra, sendero peatonal, cruce todo rojo, Paso peatonal con resalto tipo trapecoidal o pompeyano, cruce escolar. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.389).

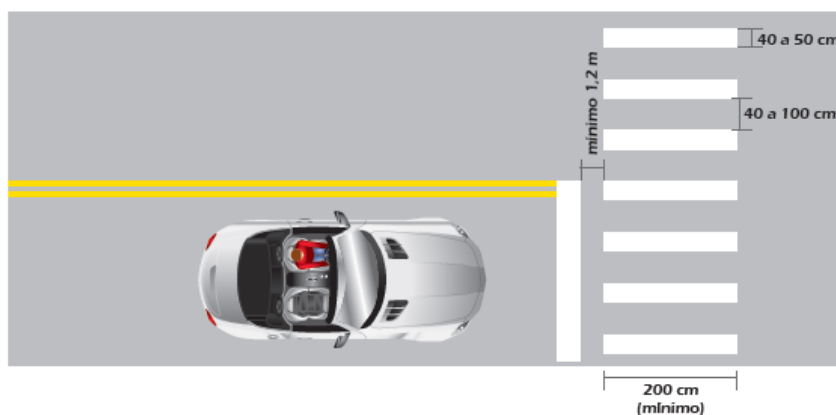


Figura 8.9. Cruce peatonal con "Cebra".

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.390.

8.3.4 Demarcación de líneas de estacionamiento. y. paraderos

Las demarcaciones para estacionamiento de vehículos se deben realizar con líneas blancas de 12 cm de ancho. Estas demarcaciones permiten utilizar de forma más eficiente y ordenada los espacios de estacionamiento, evitando invadir los paraderos de transporte público, accesos a garajes y parqueaderos, las rampas para peatones o personas con movilidad reducida y las proximidades a las esquinas. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.396-397).

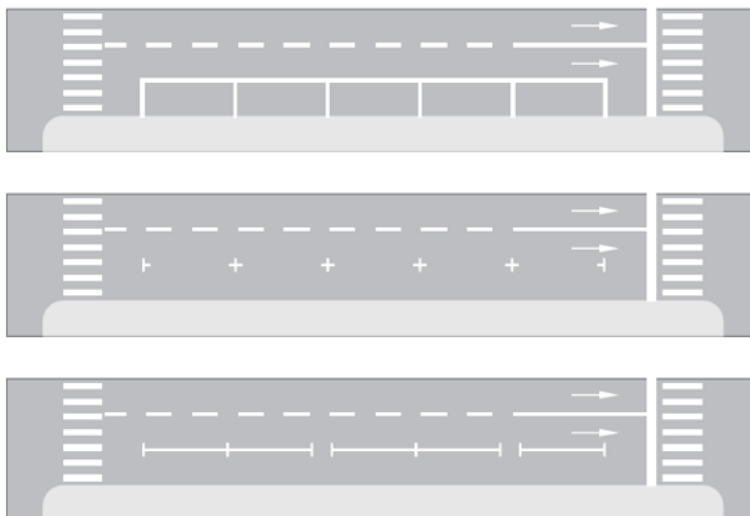


Figura 8.10. Demarcación de estacionamientos.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.397.

Para la zona destinada al estacionamiento de taxis se usan líneas blancas segmentadas la palabra "TAXI". Se recomienda autorizar estacionamientos de taxis en lugares como salidas de terminales de buses, centros comerciales, establecimientos de atención en salud y otros lugares con gran afluencia de peatones. (Manual de Señalización Vial. 2015. P.398).

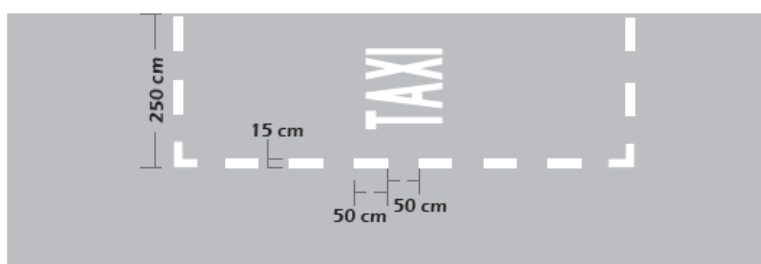


Figura 8.11. Demarcación de zona para taxis.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.397.

Para la zona destinada a la parada de buses se usan una línea blanca, su largo depende de la demanda de buses por hora a que esté sometido el paradero.

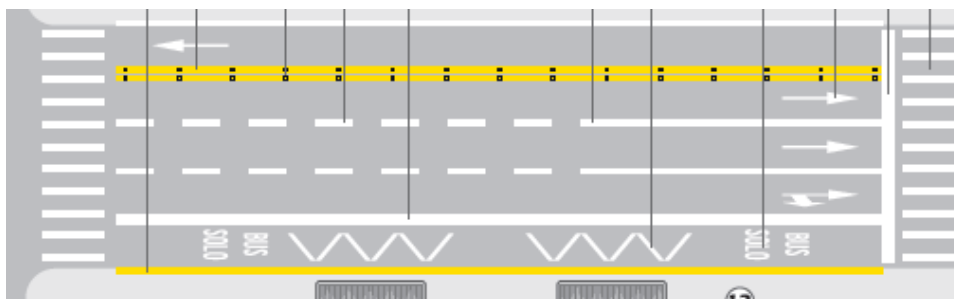


Figura 8.12. Demarcación de paraderos de buses.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.399.

8.3.5 Símbolos y leyendas

Son demarcaciones blancas que se ubican en el centro del carril con excepción de la zona escolar que se ubica a lo ancho de la calzada y el pictograma es amarillo. Sirven para indicar maniobras, regular la circulación y advertir sobre peligros. Pueden ser flechas, leyendas u otros símbolos (pictogramas). Las dimensiones de estos elementos varían según la velocidad de la vía. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.399-400).



Figura 8.13. Ejemplos de símbolos y leyendas.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp. 404, 408, 409.

8.3.6 Otras demarcaciones

8.3.6.1 Achurados

Se usan cuando es necesario definir áreas de no uso para el tránsito o áreas neutrales en la calzada. Son líneas continuas inclinadas de 20 cm a 60 cm de ancho. Los achurados en diagonales se emplean en canalizaciones y en islas centrales, cuando los flujos que los enfrentan tienen sentidos opuestos y en las superficies de sobre ancho que se extienden por el costado del separador. Los achurados en “V” se emplean cuando los flujos vehiculares convergen o divergen. Se recomienda destacar estas superficies con la instalación de tachas reflectantes del mismo color que la línea que complementan. Se usan frecuente en la demarcación de isletas. (Ver capítulo 5). (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.417-418).

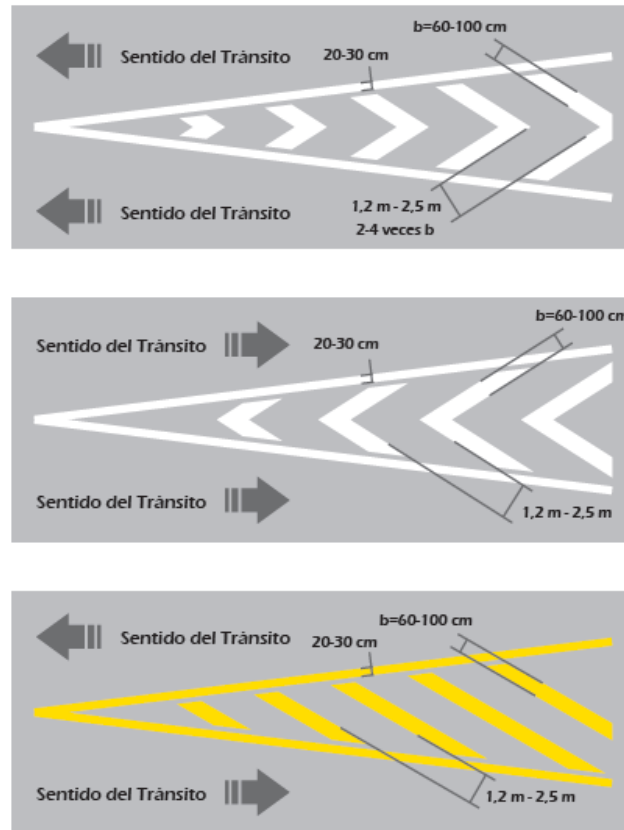


Figura 8.14. Achurados.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.421.

8.3.6.2 Resaltos

Se utiliza para destacar la necesidad de reducir la velocidad en la vía. La superficie del resalto es amarilla y encima se inscriben triángulos isósceles blancos que muestran el sentido de circulación. Generalmente son parabólicos, pero existen los trapezoidales o pompeyanos. Estos reducen la velocidad de los vehículos y sirven como pasos peatonales o de bicicletas. Su rasante se debe coincidir con el nivel del andén. Las rampas de acceso de la calzada deben tener una pendiente máxima de 15%. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.424, 660).

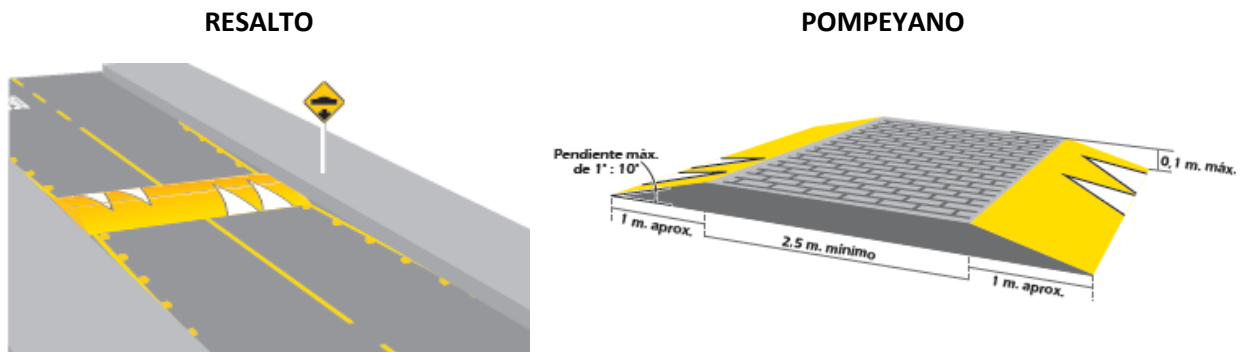


Figura 8.15. Resalto y pompeyano.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.660-661.

8.3.7 Señales elevadas

Son aquellas que miden más de 6 mm y sirven para complementar las señales planas. Son muy eficientes ya que al ser elevadas aumentan su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los vehículos, aún en condiciones de lluvia. Estas señales ayudan a generar un efecto vibratorio y sonoro cuando son traspasadas por un vehículo, alertando al conductor que está atravesando una línea demarcada, lo que contribuye a una mayor seguridad. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.364).

8.3.7.1 Tachas

Son dispositivos plásticos, cerámicos o metálicos. Pueden ser retrorreflectantes o iluminadas internamente y de ser así deben ser con luz continua, nunca destellante. El color del fondo de la tacha debe ser igual a la señalización plana que está acompañando. El color del elemento retrorreflectivo variará según su uso: blanco para complementar una demarcación plana blanca, es decir vías unidireccionales, amarillo para complementar una demarcación amarilla, es decir vías bidireccionales, azul para aproximaciones a centros médicos y rojo para indicar al conductor que va en contra del sentido de circulación. Su ubicación debe ser a 5cm de la demarcación que está acompañando, nunca debe ser encima para poder hacer mantenimiento de señalización. Si son para acompañar líneas segmentadas se ubican en la mitad de la brecha. En la Figura 8.16 se muestra una tacha y sus dimensiones según el Manual de Señalización. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.364-366).

8.3.7.2 Estoperoles

Son dispositivos en caucho o plástico de alta resistencia mecánica al impacto al desgaste por fricción. No tienen elementos retrorreflectivos. Tiene forma esférica y sus dimensiones son 10cm de diámetro en la base y 2cm de altura en la parte central. Se usan como refuerzo de las demarcaciones planas y como reductores de velocidad siempre y cuando tengan algún elemento retrorreflectivo al lado. En la Figura 8.16 se muestra un estoperol y sus dimensiones según el Manual de Señalización. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.632-633).

8.3.7.3 Boyas

Son dispositivos metálicos o plásticos de alta resistencia mecánica al impacto. Tienen elementos retrorreflectivos en sus caras expuestas al tránsito de color blanco o amarillo. Se usan como elementos de segregación cuando es necesario reforzar el mensaje entregado por las líneas de demarcación, en isletas y achurados. Por su altura y tamaño no deben ser utilizados como reductores de velocidad ni deben ser usados en lugares donde los vehículos estén obligados a pasar. En la Figura 8.16 se muestra una boya y sus dimensiones según el Manual de Señalización. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.633).

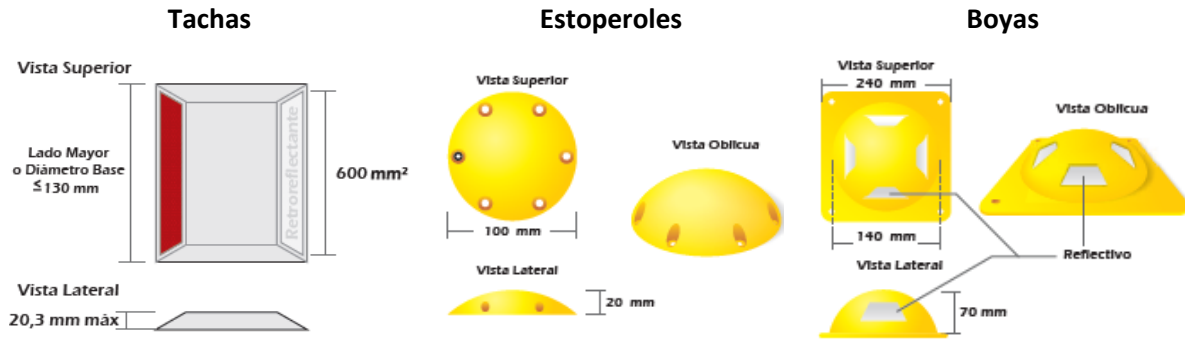


Figura 8.16. Tachas, estoperoles y boyas.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.365, 634.

8.4 SEÑALIZACIÓN Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA OBRAS EN LA VÍA

Este tipo de señalización se usa para reglamentar la circulación, advertir de peligros y guiar adecuadamente a los conductores a través de zonas de trabajo y así velar por la seguridad de los usuarios y de los trabajadores. Se usan cuando hay obras de construcción, rehabilitación, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, acopio autorizado de materiales de construcción, o actividades relacionadas con servicios públicos o emergencias en una vía. Cuando se presente alguna novedad en la vía se debe atender mediante estas señales con el fin de reducir el riesgo de accidentes y hacer más ágil el tránsito de los usuarios. Debido a que este tipo de circunstancias mencionadas anteriormente son una alteración de las condiciones normales de la vía, la señalización debe estar ubicada con suficiente anticipación para permitir una respuesta segura de los usuarios. Las señales y dispositivos utilizados durante la obra deben ser retirados al momento de la finalización de la misma. El diseño de esta señalización se debe hacer a través de un plan de manejo de tránsito (PMT) y debe ser diseñado por un profesional especialista en vías. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.437-438).

Los ingenieros o contratistas responsables de una señalización temporal por obras tienen la obligación de no iniciar ninguna ejecución sin disponer de las señales necesarias para el tipo de obra que se solicitó en el PMT, deben situar y conservar adecuadamente las señales, deben velar porque estas señales se mantengan visibles y no se deben obstruir con maquinaria. La señalización vertical y horizontal existente se entregará en iguales o mejores condiciones a las reportadas en el inventario. Para la intervención se deberá contar con auxiliares de tránsito, debidamente capacitados y uniformados tal como lo establece el manual de señalización vial, estos deberán apoyar toda actividad que ayude al manejo de tránsito y mantener comunicación vía radio entre puntos de retención. Se mantendrán condiciones de aseo en la vía haciendo un barrido antes, durante y después de cada jornada laboral, con el propósito de recoger los materiales sobrantes que puedan ocasionar accidentes en la vía o entorpecer el tránsito peatonal.

El tamaño depende de la señal o dispositivo. Para las señales verticales depende de la velocidad máxima permitida en la zona de obras, generalmente es de 60km/h lo que equivale a un tamaño de 75 cm. Para los dispositivos se tienen tamaños ya estandarizados en el Manual de Señalización. Para la ubicación de la señalización vertical propuesta, se propone un distanciamiento de 30 metros entre señales, correspondiente al valor mínimo contemplado en la tabla 4.12 del manual de señalización vial, para una velocidad menor a 40 km/h. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.471).

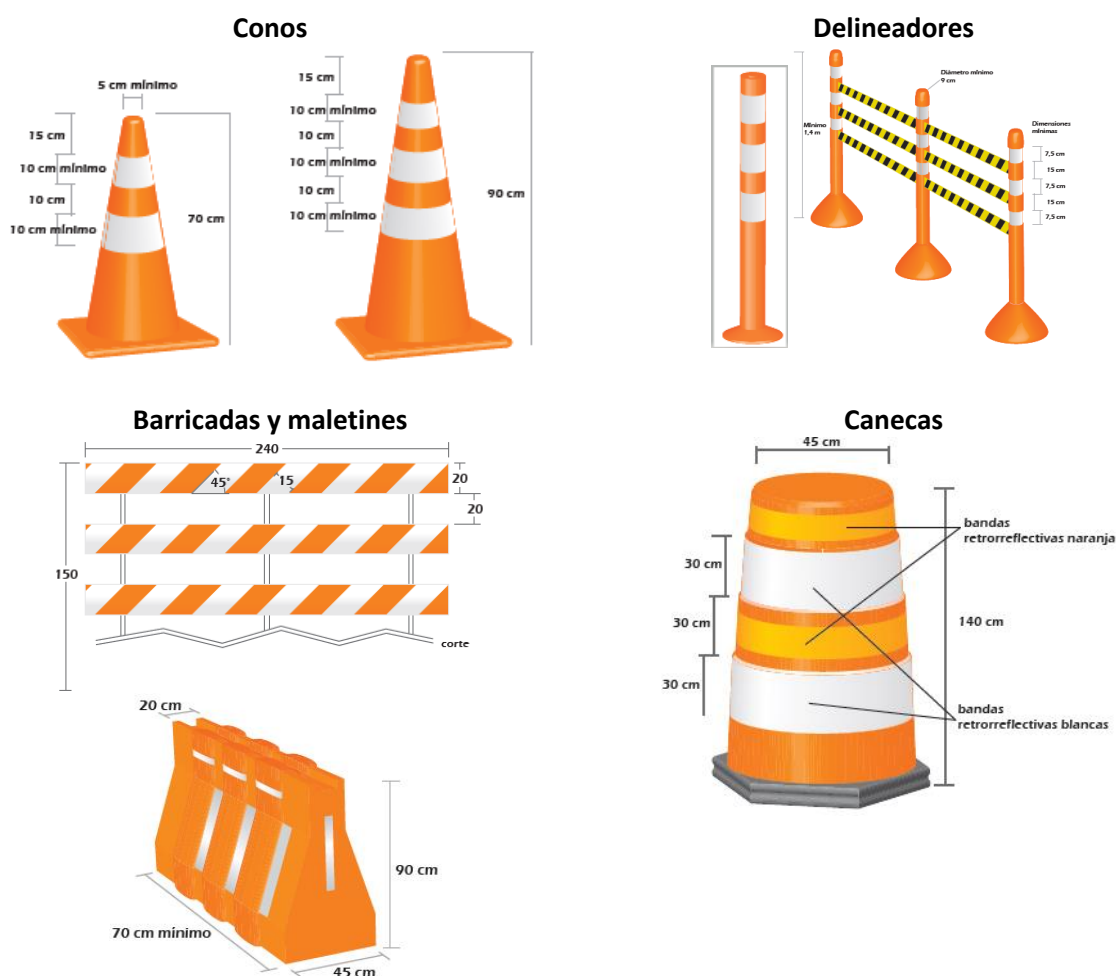
El color generalmente es naranja. Este se usa en las señales de prevención de peligro, las informativas y los elementos de canalización. Las señales reglamentarias usadas en obra siguen siendo rojas. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.441).



Figura 8.17. Ejemplos de señales verticales de obra.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.465, 474, 483.

En ocasiones se usa canalizar algunas zonas para guiar a los usuarios de la vía de forma segura a través del área afectada por la obra y proteger a los trabajadores. La canalización se debe hacer en forma de gradual y de transición ya sea para desplazar el tránsito de un carril hacia otro, para conducirlo a través de un desvío o para reducir el ancho de la vía. Algunos elementos se pueden apreciar en la Figura 8.18. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.510).



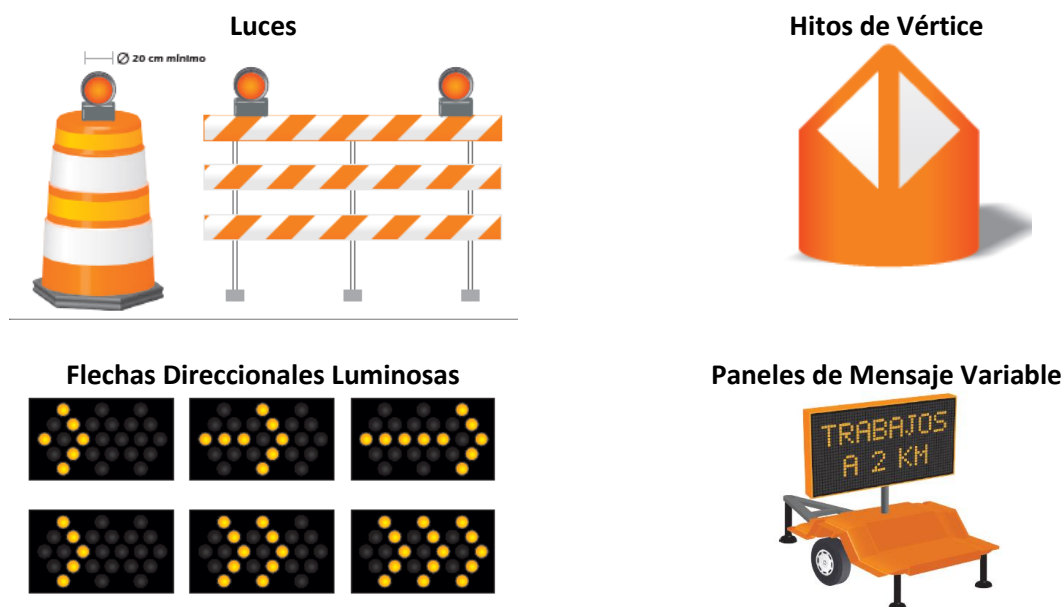


Figura 8.18. Dispositivos de canalización de tráfico en obra.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. pp.513-515, 519-522, 524, 526-527.

8.5 OTROS DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO

8.5.1 Delimitadores de obstáculos

Sirven para advertir al conductor la existencia de estructuras de canalización dentro de la calzada y la presencia de obstáculos, cabezales de alcantarillas, el inicio de barandas de puentes, bifurcaciones de la vía. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.643).

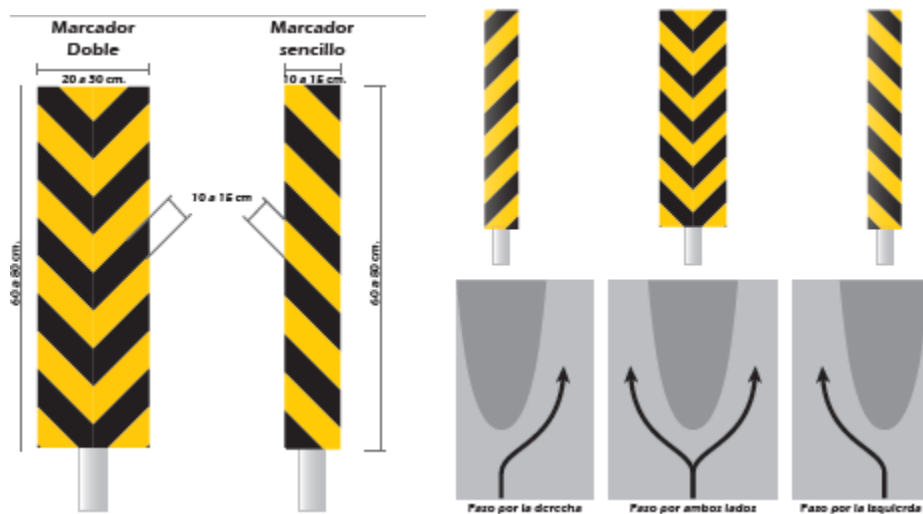


Figura 8.19. Delimitadores de obstáculos.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.643.

8.5.2 Segregadores

Se utilizan para separar las áreas destinadas a diferentes usuarios de la vía o para indicar zonas con restricción de ingreso. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.649).

Los más comunes son los bordillos, los cuales pueden ser metálicos, sintéticos, en caucho, plásticos, en hormigón. Generalmente son de color amarillo y tienen elementos retrorreflectivos en sus caras perpendiculares al sentido de circulación. Su altura máxima no debe superar los 15 cm para los no traspasables y 8 cm para los traspasables. Deben contar con una inclinación mayor en uno de los costados para facilitar el traspaso en caso de emergencia. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.653).

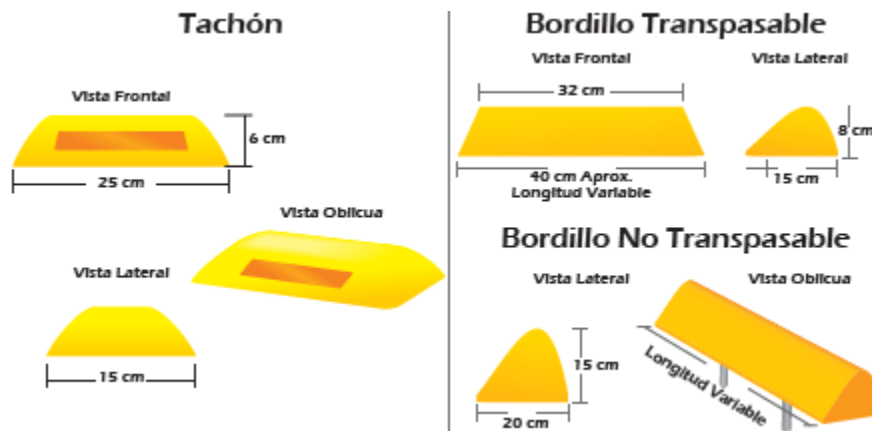


Figura 8.20. Segregadores.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.634.

8.6 DISPOSITIVOS PARA PEATONES, CICLISTAS

Estos dispositivos se analizan en los capítulos 6 y 7.

8.7 SEMÁFOROS

Son dispositivos de señalización que dan control y seguridad en la vía mediante la regulación a la circulación de vehículos o peatones en las vías, asignando el derecho de paso de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.747; Reyes & Cárdenas, 2007, pp.151, 436).

Los módulos luminosos de los semáforos para el control vehicular se pueden desplegar vertical u horizontalmente. Se debe emplear un despliegue horizontal cuando hay restricción de espacio vertical. En las Figura 8.21 y Figura 8.22 se muestran las formas de ubicarlos. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.765).

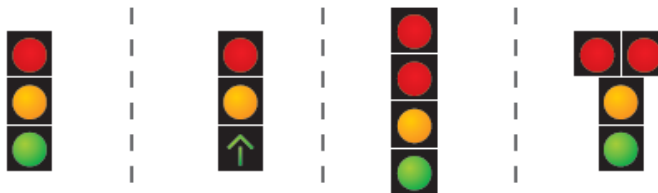


Figura 8.21. Despliegue vertical de semáforos.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.765.



Figura 8.22. Despliegue horizontal de semáforos.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.765.

Dependiendo la ubicación en la intersección, los soportes para un dispositivo semafórico pueden ser: Postes, ménsulas cortas, ménsulas largas, cables de suspensión, estructuras tipo pórtico, postes y pedestales en islas. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.749; Arboleda, 2010, p.97).

8.7.1 Funciones

- Alternar periódicamente el tránsito de un flujo vehicular o peatonal para permitir el paso de otro flujo vehicular, a partir del reparto programado del tiempo entre los flujos concurrentes.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante en una vía con intersecciones semaforizadas continuas (sincronismo).
- Controlar la circulación por carriles.
- Minimizar el número y gravedad de algunos tipos de accidentes principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionar un ordenamiento y seguridad del tránsito, minimizando congestión y contaminación.

(Manual de Señalización Vial. 2015. p.747).

8.7.2 Clasificación

De acuerdo con el tipo de conflicto que se regula y el mecanismo de operación de sus unidades de control, los semáforos se clasifican en:

- a. Semáforos para el control del tránsito de vehículos (los criterios utilizados para esta clase de semáforos son igualmente aplicables en ciclorrutas): Estos pueden ser de tiempos fijos o predeterminados, parcialmente accionados por el tránsito o totalmente accionados por el tránsito.
- b. Semáforos para pasos peatonales, estos pueden ser de tiempos fijos o accionados por los peatones.
- c. Semáforos sonoros.
- d. Semáforos especiales, ejemplo: para regular el uso de carriles, para maniobras de vehículos de emergencia, para el control de buses en corredores exclusivos, para indicar la aproximación de trenes.

(Manual de Señalización Vial. 2015. p.748; Reyes & Cárdenas, 2007, pp.151-152; Arboleda, 2010, p.97).

El uso de este dispositivo influye sobre el flujo del tránsito y tiende a incrementar las demoras., por ende, es importante que la selección y uso este precedido de un estudio de movilidad que evalúe como mínimo las siguientes condiciones:

- Condición A: Volumen mínimo de vehículos
- Condición B: Interrupción del tránsito continuo
- Condición C: Volumen mínimo de peatones

- Condición D: Movimiento o circulación progresiva
- Condición E: Accidentes
- Condición F: Combinación de las condiciones anteriores

Si el volumen de circulación disminuye al 50% o menos de los volúmenes mínimos especificados durante un lapso de cuatro horas consecutivas o más, es conveniente que las operaciones normales de los semáforos se sustituyan por operaciones de destello o intermitentes, las cuales se deben restringir a no más de tres períodos diferentes durante el día. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.760; Arboleda, 2010, p.98).

Cuando en una intersección se deciden utilizar semáforos, estos presentan las siguientes ventajas:

- Ordenan la circulación del tránsito y optimiza la capacidad de las vías dando una asignación adecuada del derecho de vía.
- Reducen el riesgo y número de incidentes.
- Se puede lograr la circulación continua a una mejor velocidad adaptada a condiciones urbanas.

(Manual de Señalización Vial. 2015. p.748; Reyes & Cárdenas, 2007, pp.437).

8.8 SEÑALIZACIÓN DE CALLES AFECTADAS POR EVENTOS ESPECIALES

A excepción de las obras un evento especial afecta el uso normal de la vía de manera imprevista. Cuando se realizan eventos especiales afectan negativamente el flujo de tránsito y la seguridad vial de los participantes o los usuarios normales de la vía. Los eventos especiales pueden ser programables y no programables. El hecho de que algunos eventos no sean programables, como derrumbes y manifestaciones, no exime contar con una planificación y disposición de elementos para responder oportuna y adecuadamente en cada caso. (Manual de Señalización Vial. 2015. p.807).

Algunos ejemplos de eventos especiales no programables: Accidentes de tránsito, incendios, desastres naturales. Algunos ejemplos de eventos especiales programables y autorizados: Desplazamiento de personajes de la vida pública nacional, operativos de control de tránsito, marchas, caminatas, cabalgatas, cumbres o convenciones, paradas militares, eventos deportivos, ciclovías dominicales o nocturnas, eventos religiosos, culturales o de expresión social, retenes de la Policía Nacional o del Ejército Nacional. Se usan señales de color “rosa fluorescente” para el fondo y negro para símbolos, textos, flechas y orla. Generalmente son en forma de rombo. (Manual de Señalización Vial. 2015. pp.807-808).



Figura 8.23. Ejemplos de señalización para eventos especiales.
 Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2015. p.811.

9. PRESENTACIÓN DE INFORMES Y PLANOS

9.1 PLANOS TOPOGRÁFICOS

Según el artículo 1° del decreto 568 de 2011, el plano topográfico con el cual se debe diseñar cualquier proyecto urbano debe contener las siguientes características que garanticen la correcta identificación del terreno y los predios objeto del diseño:

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CATASTRO

- El plano debe ser georreferenciado. Los planos entregados deben tener estar bajo el sistema de coordenadas de Medellín para los proyectos de esta ciudad, y para las demás debe ser con el *Datum Bogotá*.
- Mostrar de manera clara los contornos de los predios.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL AMARRE GEODÉSICO

- Planta de la zona a evaluar en escala 1:1000, poligonal de amarre en escala 1:5000, cuadro de mojones con sus respectivas coordenadas y cotas (los mojones deben estar referenciados y dibujados en los planos), cuadro de árboles (especie, altura, diámetro de sombra), área del polígono levantado. Se exigen como mínimo tres (3) mojones consecutivos pertenecientes a la poligonal principal, que exista visibilidad entre el 1 y 2, entre el 1 y 3 y entre el 2 y el 3; además la distancia entre los mojones debe ser mínimo de 50m, de fácil acceso y queden ubicados hasta el final del proyecto, cumplir con ubicación de G.P.S. (zona despejada de árboles, sin líneas de alta tensión, alejadas de construcciones de más de 7 pisos, de zonas de alta circulación vehicular, de tráfico pesado, etc.).
- Presentar el área del polígono, con el cuadro de coordenadas del perímetro.
- Las curvas de nivel se presentan en el dibujo del levantamiento cada metro (1 m) en escala 1:1000 y cada 2 metros en escala 1:2000, acotadas cada 5 metros.
- Presentar un esquema claro de localización que contenga nomenclatura de las vías existentes y equipamientos importantes, o en su defecto unas referencias precisas que permitan llegar al sitio del levantamiento que se va a revisar.
- Debe contener las siguientes capas (Layers): Retiros, linderos, cercos, mallas, cerramientos, zonas verdes, vías, construcciones, crucetas con las respectivas coordenadas, hidrografía, curvas de nivel, líneas de alta tensión, servidumbres y en general las redes de servicios que involucren la zona de estudio.
- Los planos deben estar firmados por el ingeniero o topógrafo con matrícula profesional vigente.

Además, se debe anexar la siguiente información adicional al plano:

- Informativo de coordenadas y cotas suministrado por el Grupo Geodesia de la Subdirección de Metroinformación.

(Decreto 568 de 2011, Alcaldía de Medellín, pp.2-3).

El formato de entrega de la información debe ser formato Shape (base de datos). Cuando no se tenga esta posibilidad, en formato CAD (dibujo), preferiblemente en extensión .dwg o .dxf, y representando siempre

los contornos con elementos tipo polyline, 3Dpolyline o polígono en capas (layers) independientes por cada nivel de información. (Decreto 568 de 2011, Alcaldía de Medellín, p.3).

9.2 PLANOS DISEÑO GEOMÉTRICO

Para entregar un diseño geométrico de una vía urbana se deben seguir ciertos lineamientos:

Primero, la normativa que se emplea es el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 del INVIAS, y este podrá ser complementado dependiendo la ciudad, para el caso de Medellín y su área metropolitana por el Decreto 0113 de 2017 (Manual del Espacio Público de Medellín), el decreto 409 de 2007, Decreto 568 de 2011, y el Plan de ordenamiento territorial de cada municipio.

Segundo se debe tener en cuenta la información base con la cual se debe contar antes de empezar el diseño: topografía a detalle con aprobación de poligonal de amarre y aprobación del plano topográfico por Geodesia, estudios de movilidad (en los casos que aplique), estudios complementarios de otras áreas como el hidrológico, geotécnico y estructural (algunas actividades se pueden desarrollar en simultaneo), plano de proyectos viales y oficio de vías obligadas (en los casos que aplique).

Luego se procede a realizar el informe y los planos. El informe depende de cada proyecto, pero puede seguir la siguiente estructura:

- Capítulo 1: Introducción y localización del proyecto.
- Capítulo 2: Análisis de condiciones existentes, estudios previos y demás información base. Se describe el proyecto.
- Capítulo 3: Se hace una descripción de los criterios de diseño.
- Capítulo 4: Se desarrolla el alineamiento horizontal.
- Capítulo 5: Se desarrolla el alineamiento vertical.
- Capítulo 6: Se desarrolla el peralte.
- Capítulo 7: Se desarrollan las secciones transversales.
- Capítulo 8: Se desarrollan empalmes, intersecciones u otros temas varios.
- Capítulo 9: Se desarrolla el análisis del movimiento de tierra.
- Capítulo 10: Se hacen recomendaciones finales.
- Capítulo 11: Anexos con las carteras: cuadro de elementos horizontal, cuadro de rasante-peralte, cuadro de movimiento de tierra.

Luego se procede a realizar los siguientes planos:

- Ubicación geográfica del proyecto.
- Planta - perfil.
- Intersecciones.
- Secciones tipo.
- Secciones transversales.

A continuación, se describen algunos elementos generales para todos los planos:

- Rótulo con mínimo la siguiente información: Nombre de la persona o empresa responsable del diseño, persona o empresa a la que va dirigido, nombre del proyecto, escalas generales, fecha,

número de plano, cuadro de modificaciones con la fecha y objeto de la modificación, firma del ingeniero civil diseñador. Aplica para el plano Planta-Perfil.

- Cuadro de convenciones en el que se plasmen los elementos del diseño, y los principales elementos de la topografía que sirvan de referencia para analizar el diseño.
- Para facilitar la comprensión de los planos se aceptará el uso de diversos colores, calibres y tipos de línea para diferenciar elementos o grupos de elementos.
- Se aceptará el uso de diferentes tamaños de textos, siempre y cuando su uso obedezca al establecimiento de jerarquías para la información presentada. Para todos los casos se podrá emplear una altura mínima de textos de 2.5 mm. Siempre el tamaño de los textos y acotaciones deben ser completamente legibles, de acuerdo con la escala de diseño.
- No se recomienda realizar variaciones en las escalas entre grupos de planos, a fin de evitar confusiones en la interpretación de la información.
- Entregar el diseño en medio digital en archivos con extensión .dwg o .dxf como versión editable, y en PDF.
- Como dimensiones máximas de papel para todos los planos se aceptarán las siguientes:
 - Ancho: 1000 milímetros.
 - Altura: 700 milímetros.

(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.256; Decreto 568 de 2011, Alcaldía de Medellín, p.6).

9.2.1 Plano Ubicación

En este plano se debe indicar la ubicación dentro del territorio nacional y a nivel local, de tal manera que con este plano se pueda acceder, sin requerir información adicional, a la zona de la obra. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.261)

9.2.2 Plano Planta Perfil

Este plano permite la identificación y localización del diseño vial completo y el análisis y funcionalidad del mismo. El plano debe tener algunas características generales: en lo posible se debe presentar en un mismo plano el perfil longitudinal y la planta, con el fin de facilitar el análisis del diseño geométrico y la coordinación Planta – perfil; tanto en la planta como en el perfil longitudinal se deben localizar y representar las diferentes obras de drenaje, así como las estructuras y eventualmente los túneles, identificándolos adecuadamente. En los planos de planta y perfil, así como en los de intersecciones, se deben representar los puntos de referencia de nivel o bases de localización que se establezcan para el replanteo de la obra. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.257).

Los planos se presentan (en Medellín y su área metropolitana) con base en los lineamientos del decreto 568 de 2011. Los criterios generales del INVIAS y de este decreto se detallan a continuación:

DISEÑO HORIZONTAL (Planta):

- La cartografía sobre la que se proyecta el trazado debe tener como mínimo la siguiente información: cuadrícula correspondiente a las coordenadas del plano cada 100 m, indicación de la dirección del Norte y las coordenadas planas.
- Representación del eje o ejes de diseño abscisados cada 10 m, y en los puntos especiales (TE, EC, CE, ET y otros), con nomenclatura del abscisado cada 50m.

- Representación de la calzada, de la berma y de la corona, diferenciándolas tanto en color como en intensidad de la línea que represente el eje de diseño.
- Representación a nivel de esquema de las obras de drenaje, muros de contención, puentes, etc., con sus respectivas abscisas de ubicación.
- Trayectorias de giro (si aplica).
- Capa de vías obligadas (si aplica).
- Cuadro de elementos de las curvas visibles en el plano.
- Nomenclatura de vías existentes.
- Levantamiento altiplanimétrico (curvas de nivel y planimetría) con fecha de aprobación de amarre geodésico inferior a 2 años.
- Identificación de puntos específicos de alineamiento horizontal, de la curva PI, PC, PT, PCC o curva espiralizada TE, EC, EE, CE, ET, etc, según el diseño.
- Diseño de empalmes.
- Líneas de taludes o chaflanes.
- Ecuaciones de empalme (si aplica).
- Secciones típicas.
- Escalas específicas.
(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, pp.257-258; Decreto 568 de 2011, Alcaldía de Medellín, pp.3-5).

DISEÑO VERTICAL (Perfil):

- Representación gráfica del perfil longitudinal del terreno por el eje de diseño y los bordes de la calzada.
- Representación de la línea del perfil longitudinal de la rasante en el eje, con la inclusión de los vértices y las curvas verticales. Además, se debe indicar los puntos inicial y final de cada curva.
- Ubicación esquemática de obras de drenaje, muros de contención, puentes, y demás estructuras de importancia.
- La escala vertical de los perfiles longitudinales debe ser 10 veces la horizontal.
- El dibujo del perfil longitudinal debe tener suficientes líneas de referencia que permitan apreciar las diferencias de cotas entre el terreno y la rasante en cualquier abscisa. El paso de las líneas de referencia debe ser un número entero fácil de interpretar y la distancia entre ellos del orden de 10 m para las abscisas y 1 m para las cotas.
- Se debe representar gráficamente el diagrama de peraltes, con el fin de detectar errores en la definición analítica de los mismos.
- Diferencia de las pendientes de las tangentes de entrada y salida en el vértice, expresada en porcentaje (%).
- Se deben identificar los puntos característicos del alineamiento vertical con su respectiva abscisa y cota (PIV; PCV, PTV). Además de los demás elementos: longitud de la tangente, longitud de la curva vertical, externa, pendientes.
- Se deben identificar los puntos de control del alineamiento vertical (empalmes con otras vías, pasos por quebradas, etc).
- Representación de las pendientes de los alineamientos rectos, en tanto por ciento.

(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.258; Decreto 568 de 2011, Alcaldía de Medellín, pp.5-6).

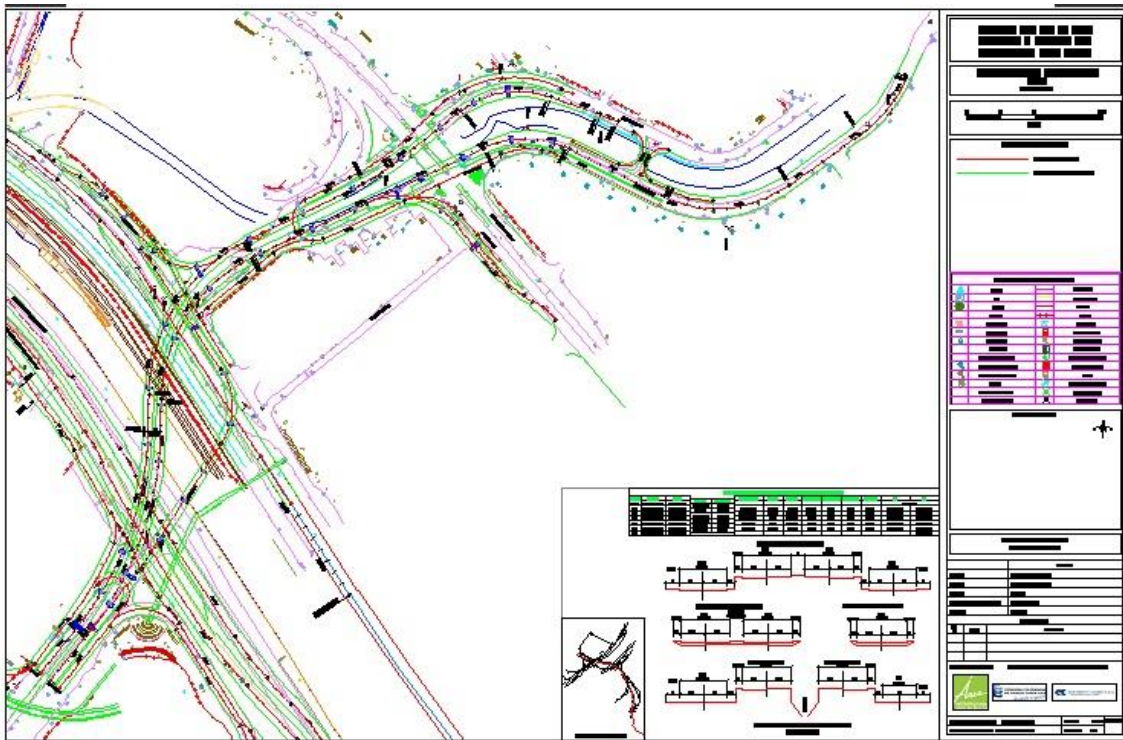


Figura 9.1. Esquema de planta de diseño urbano.

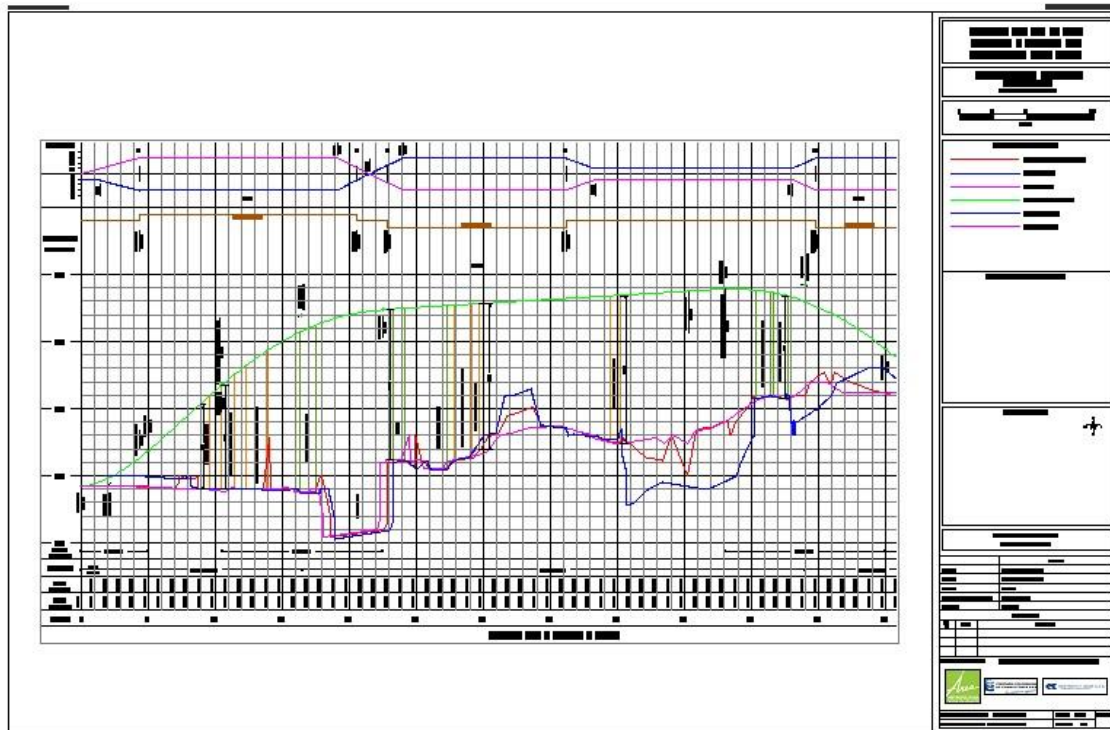


Figura 9.2. Esquema plano rasante de diseño urbano

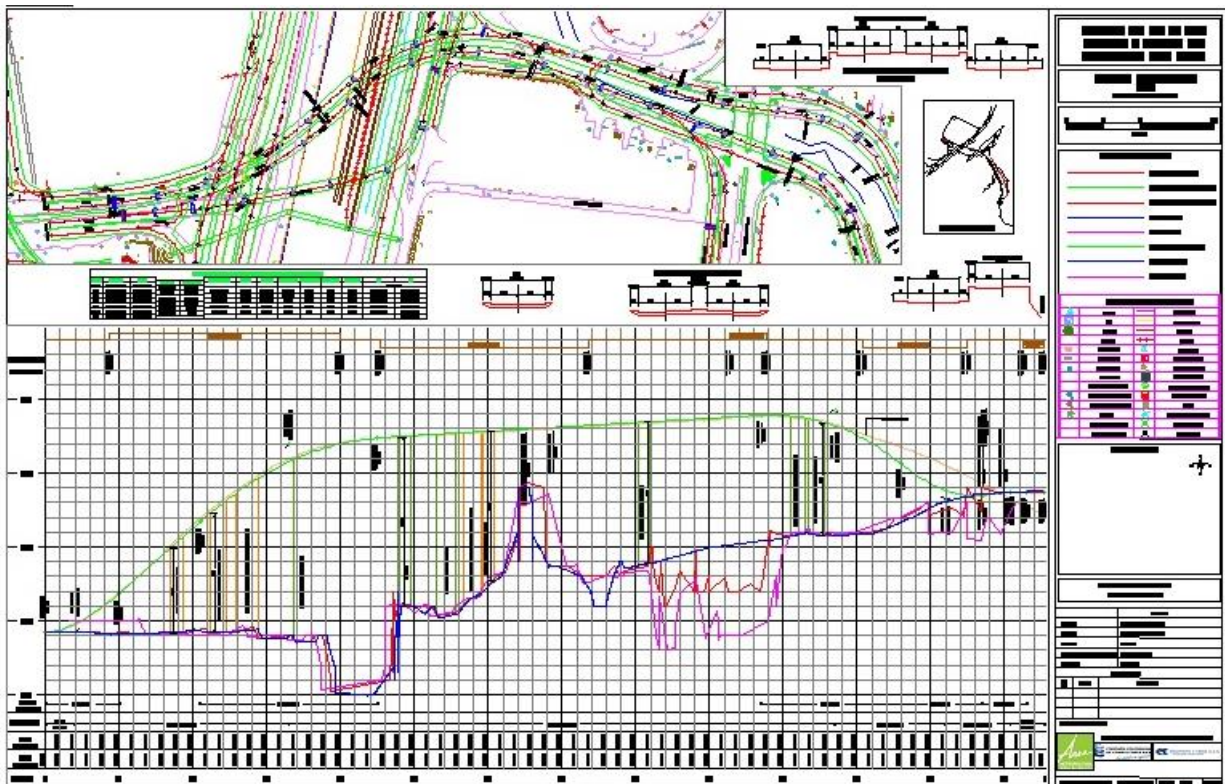


Figura 9.3. Esquema plano planta – perfil de diseño urbano.

9.2.3 Intersecciones

Los planos de las intersecciones se deben representar a la escala necesaria para que su conjunto se pueda apreciar en una única plancha con claridad, lo que permite su análisis funcional. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.259).

9.2.4 Sección Transversal tipo

Este plano debe facilitar la identificación de los diferentes elementos del diseño geométrico transversal, así como de aquellos elementos relacionados con el proyecto que posean estructuras de pavimento específicas. Generalmente se ubica dentro del mismo plano Planta-Perfil, como otra sección del plano. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.259).

Debe tener los siguientes elementos:

- Perfil transversal del terreno.
- Cota de rasante en el eje.
- Acotaciones de los anchos de corona, diferenciando los anchos del separador, calzada, carriles, berma, y demás elementos.
- Acotación de los peraltes.

- Acotación de los taludes en corte y terraplén. Si estos son variables a lo largo del trazado se deberán representar esquemáticamente por letras y hacer referencia en la memoria, o detallar en talud o los taludes que correspondan a cada tramo representado en el planta-perfil.
- Detalle de las capas de la estructura del pavimento, con indicación del tipo y espesor de capa.
- Detalle de la sección transversal de los elementos del drenaje superficial.

9.2.5 Secciones transversales

El objeto de este plano es permitir analizar la integración de la vía sobre el terreno. Los criterios de presentación se enuncian a continuación:

- Para vías en doble calzada, se debe representar la sección conjunta, con el fin de facilitar su análisis.
- Se debe presentar el plano a la escala necesaria para su correcta interpretación. Esta debe ser la misma, tanto horizontal como vertical, así como la misma en todos los planos y debe ser de 1:100. Se aceptarán escalas menores bajo criterio del diseñador.
- Debe tener la línea del terreno natural.
- Se debe representar la calzada, andén, zona verde, obras especiales (muros o estructuras) y demás elementos que conformen la sección de la vía.
- Las secciones se deben identificar por su abscisa, con el fin de reflejar mejor su ubicación dentro del alineamiento.
- En cada sección transversal, además de la abscisa, se representa la cota en el eje de la rasante de calzada (Cota Roja) y su proyección sobre el terreno natural (Cota Negra).
- Para cada sección se deberán entregar los valores de peralte para cada lado de la calzada expresados en porcentaje (%), y las cotas en el borde.
- Para cada sección se entrega los valores de área para corte y relleno, así como los respectivos volúmenes entre secciones.
- Las secciones se dibujan espaciadas (en abscisa) cada 10 m en entretangencias, cada 5 m en curvas y en los puntos principales del eje en planta.

(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008, p.260; Decreto 568 de 2011, Alcaldía de Medellín, p.6).

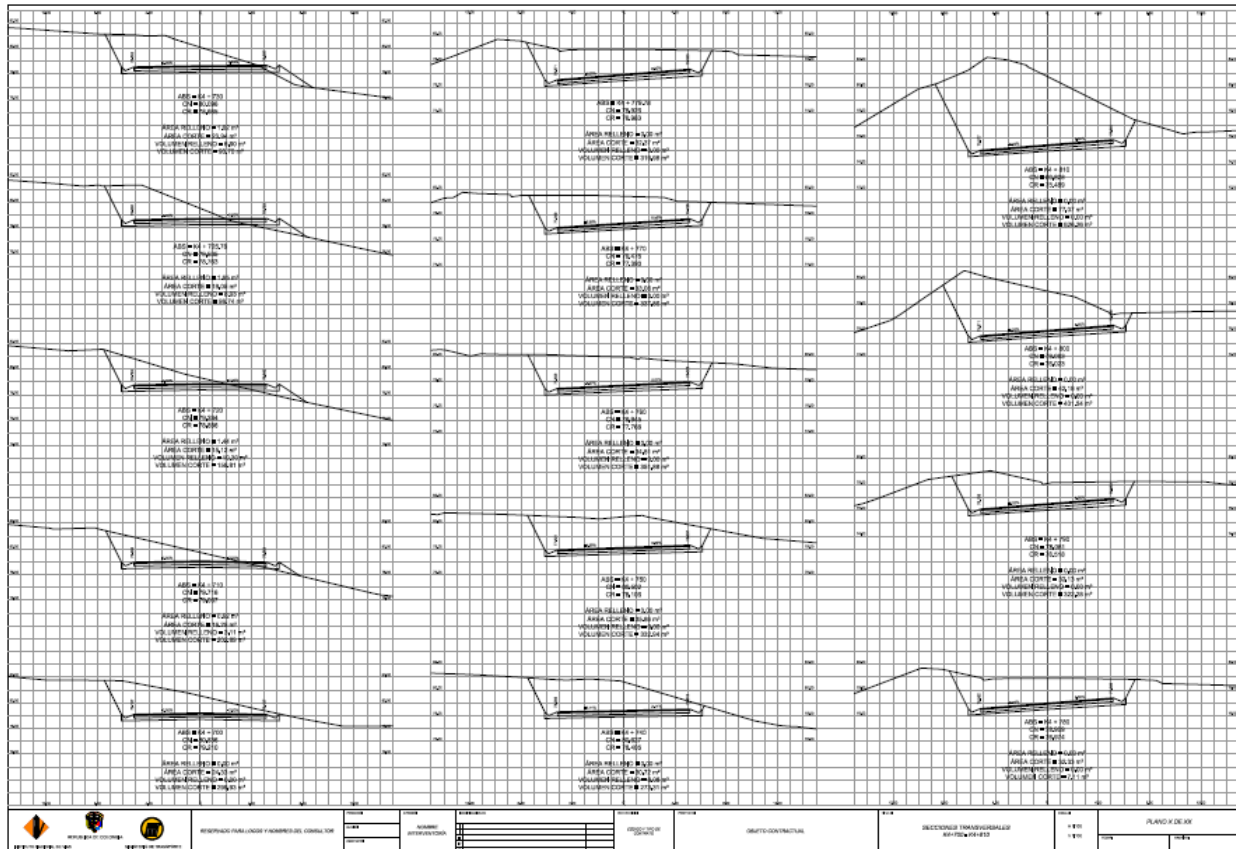


Figura 9.4. Esquema general del plano de secciones transversales.

Nota: Manual de Diseño Geométrico. INVIAS. 2008. p.265.

9.3 PLANOS DE SEÑALIZACIÓN

Para entregar un diseño de señalización de una vía urbana se requiere tener en cuenta varios aspectos. Primero, como se mencionó en el capítulo 8 se debe diseñar bajo el Manual de Señalización Vial 2015 del Ministerio de Transporte y este podrá ser complementado por el Decreto 0113 de 2017 (Manual del Espacio Público de Medellín) para la ciudad de Medellín y su área metropolitana, y la Guía de Ciclo-Infraestructura para Ciudades Colombianas 2015 para todo lo relacionado con cicloinfraestructura.

Segundo se debe tener en cuenta la información base con la cual se debe contar antes de empezar el diseño: el diseño geométrico de la vía, el urbanismo del proyecto y estudios de movilidad (en los casos que aplique). En este diseño se debe tener en cuenta la semaforización en caso que se requiera. Además, se debe tener un levantamiento de la señalización existente (en el caso que no sea una vía nueva) ya que el plano tendrá la información de que señalización se mantiene y cual se debe retirar.

En el plano se debe plasmar tanto la señalización horizontal como la vertical. El plano debe contener:

- Rotulo de presentación.
- Diseño de señalización.
- Cuadro de convenciones. En este debe estar lo plasmado en el diseño y algunos elementos referentes del urbanismo y de semáforos, que sean relevantes en el diseño de señalización.
- Esquema de localización general del proyecto.

- Esquemas tipo y a detalle, de los elementos de señalización horizontal y vertical.
- Especificaciones técnicas
- Distribución de elementos de demarcación horizontal elevada.
- Notas con especificaciones técnicas y observaciones generales.

A continuación, se muestran algunos ejemplos y observaciones

En la Figura 9.5 se muestra cómo debe ser el diseño de señalización de un tramo de vía, tanto horizontal como vertical. Las señales verticales se deben ubicar con la información de la señal en el sentido de circulación de la vía, no con respecto a la orientación del plano. Además, se traza un ícono que simboliza el paral y se ubica perpendicular al borde la vía. Las señales verticales deben tener el nombre según el Manual de Señalización Vial 2015 y la distancia a la que están entre ellas o con respecto a algún elemento de la vía, por ejemplo, con respecto a la esquina o referenciadas con las abscisas.

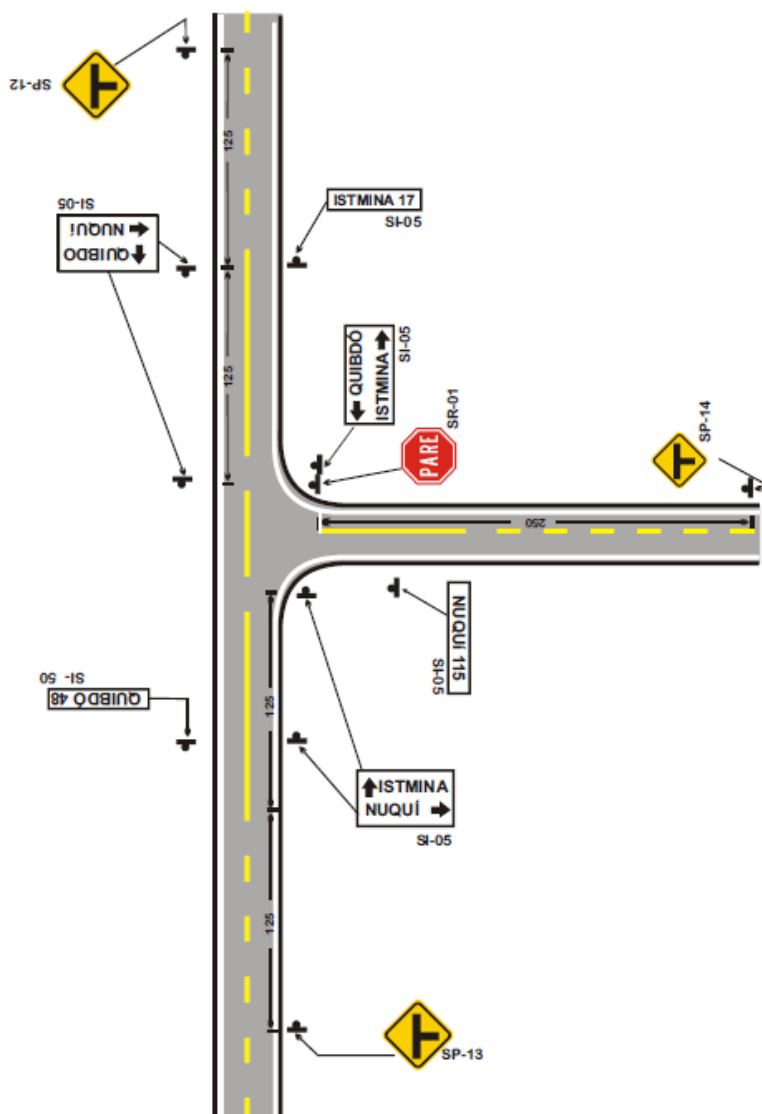


Figura 9.5. Ejemplos de diseño de señalización.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2004. p.349.

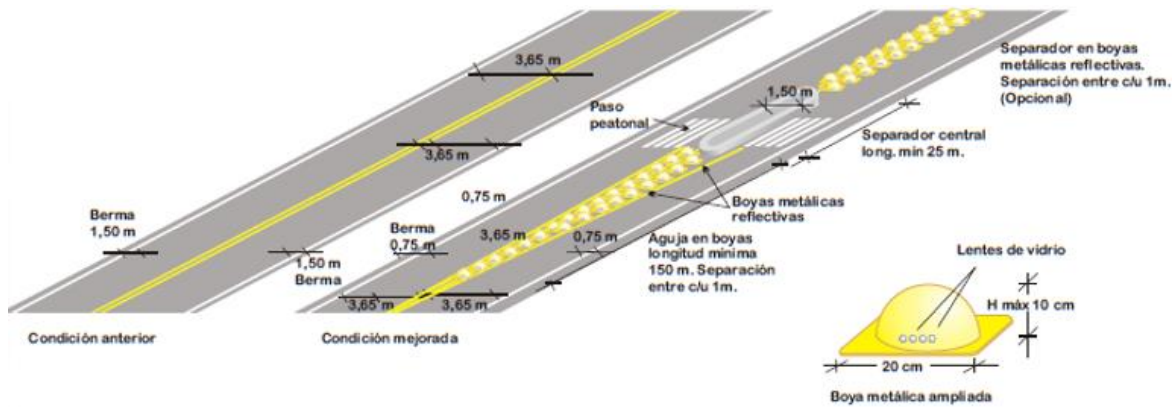


Figura 9.7. Ejemplos de detalles en el diseño de señalización (1).

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2004. p.358.

En la Figura 9.8 se indica cómo se debe mostrar un diseño de señalización que implique además semaforización. Las caras semaforicas son representadas mediante triángulos, los postes son círculos y las ménsulas son un conjunto del poste (circulo) y una línea que representa a esta ménsula. Las caras semaforicas y elementos vehiculares son totalmente rellenos en el color y las caras semaforicas y elementos peatonales solo se dibuja el contorno (sin relleno).

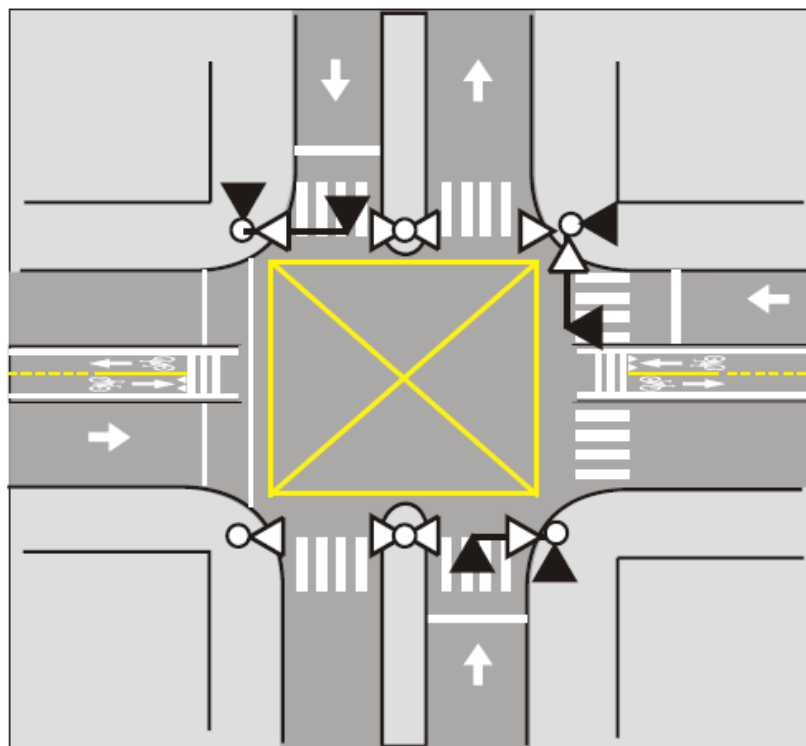


Figura 9.8. Ejemplos de diseño de señalización con semaforización.

Nota: Manual de Señalización Vial. MinTransporte. 2004. p.369.

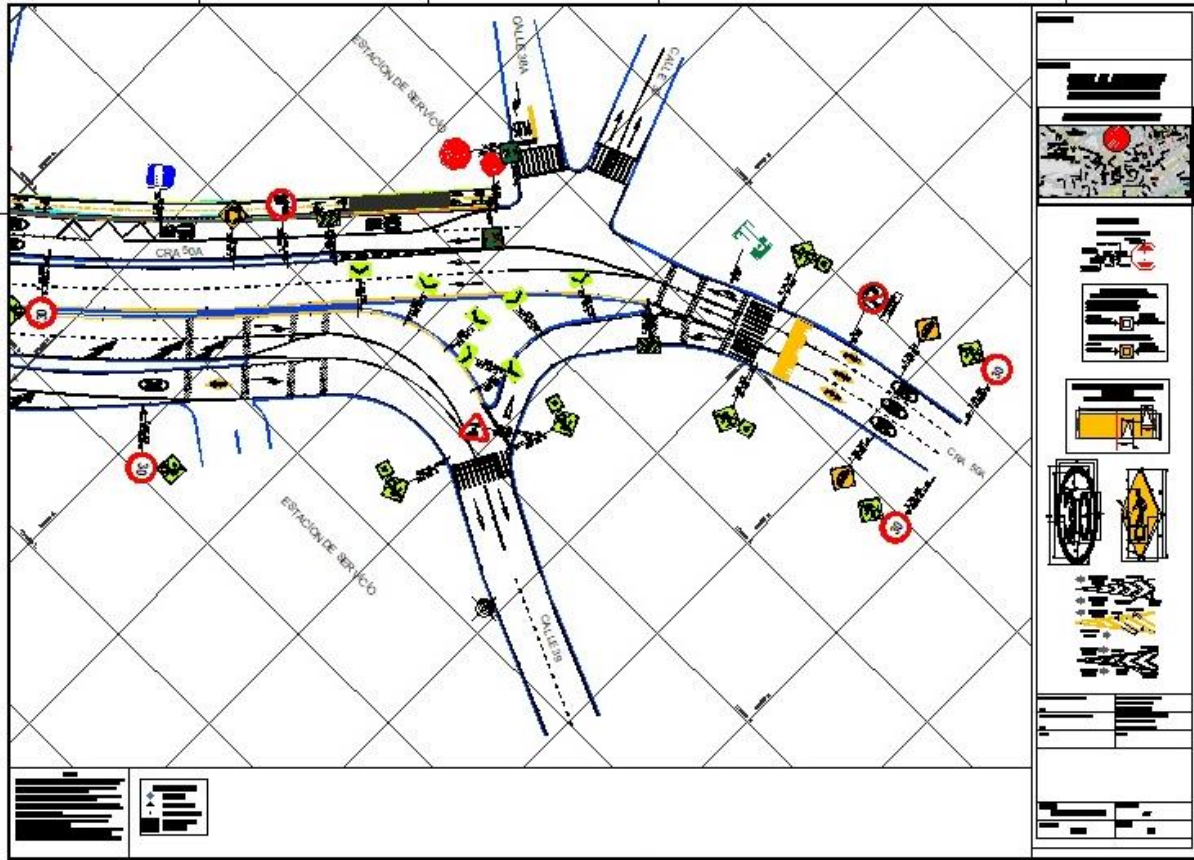


Figura 9.9. Ejemplo de un plano de señalización completo.

10. SEGURIDAD VIAL

Es el conjunto de acciones y políticas dirigidas a prevenir, controlar y disminuir el riesgo de muerte o lesiones de las personas en sus desplazamientos como usuarios de una vía (peatones, conductores, acompañantes) independiente del medio en que se movilice (motorizado, no motorizados, persona). Vela por la prevención de incidentes de tráfico con el objetivo de proteger la vida de las personas.

10.1 CLASIFICACIÓN

Hay 2 tipos o clasificaciones: primaria y secundaria

10.1.1 *Primaria o Activa*

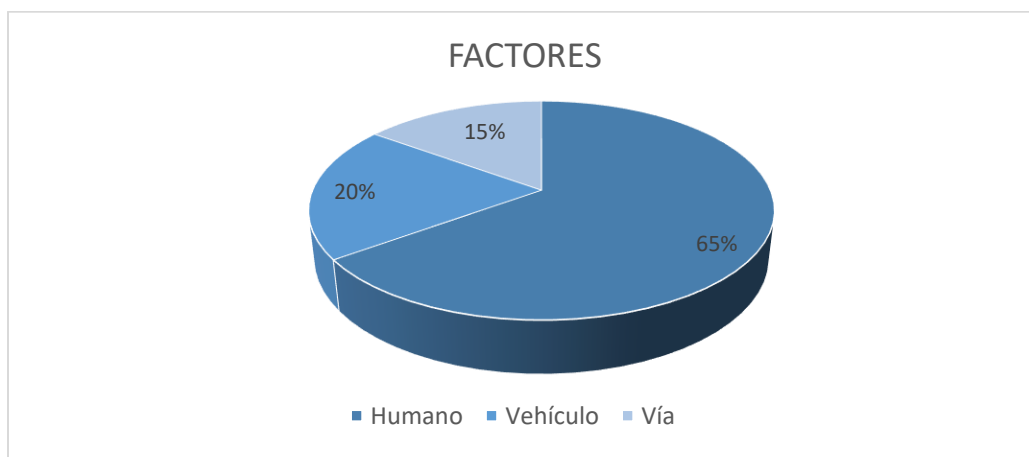
Son las acciones que dependen de la voluntad de las personas. Ejemplos: educación vial que incentive comportamientos seguros en la vía como encendido de luces para giro, maniobras permitidas, control de velocidad, establecimiento de una normativa vial, uso de elementos reflectantes al transitar por las vías, investigación en nuevos elementos de seguridad o mejora de los existentes.

10.1.2 *Secundaria o Pasiva*

Esta busca minimizar las consecuencias de un incidente al momento de su ocurrencia. Son todos los elementos y acciones de seguridad que intervienen antes, durante y después de un incidente para disminuir al máximo la gravedad de las lesiones producidas a las víctimas. Ejemplos: el airbag, el cinturón de seguridad, sistemas de absorción de impacto, sistemas de retención infantil, el casco, frenos ABS, etc.

10.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEGURIDAD VIAL

A lo largo de varios años se ha investigado sobre las causas de los incidentes en materia vial. Son muchos los factores que inciden en la ocurrencia de un incidente y muchas veces se presenta la combinación de varios de ellos y no de uno sólo en especial. Pero para poder abordar y atacar mejor esas múltiples causas se han establecido 3 grandes factores que influyen en la seguridad vial: El humano, el vehículo o la máquina y la vía (y el entorno). De acuerdo con su frecuencia de incidencia se tiene que el factor humano es el que más pesa sobre la mayoría de los incidentes.



10.2.1 Factor Humano

Los seres humanos como seres imperfectos no son infalibles, y al momento de ser un usuario de una vía un error puede ser la causa de un incidente. Algunos no son voluntarios, pero la gran mayoría se pueden evitar. Algunos son intrínsecos de la persona otros son adquiridos. Algunos ejemplos son:

- Exceso de velocidad
- Conducir bajo los efectos de alcohol o drogas
- Fumar conduciendo
- Uso de dispositivos electrónicos, de navegación, radio
- Cansancio y fatiga
- Estado de ánimo, angustia y estrés
- Adelantamientos indebidos o prohibidos y maniobras peligrosas
- Falta de pericia
- Exceso de confianza
- Falta de concentración (actividades multitarea)
- Distracción
- Sobrecupo
- Desconocimiento de las normas o señales de tránsito

Para evitar estos errores se pueden seguir ciertas recomendaciones:

- Dormir lo suficiente
- Utilizar ropa y zapatos cómodos. Utilizar elementos que eviten el encandilamiento por el sol como gafas
- Ajustar adecuadamente el asiento y el volante
- Evitar conversar por el celular, textear, manipular el GPS, sintonizar la radio, etc
- Tener presente la ruta de destino desde antes de arrancar para evitar el estrés con posibles sorpresas
- Conducir a velocidad moderada
- Mantener la calma ante los trancones de la ciudad
- No ingerir alcohol ni drogas.
- Revisar los efectos secundarios de cualquier medicamento

10.2.2 Factor Vehículo o máquina

Los vehículos al igual que los seres humanos no son infalibles, son máquinas hechas por personas que en cualquier momento pueden no responder como se espera. Cada día la tecnología evoluciona más y ha desarrollado mejores vehículos para velar por la seguridad de las personas. Al igual que en los factores humanos, estos también se pueden evitar. Algunos ejemplos son:

- Avería en el vehículo
- Falla en los frenos
- Falla en la dirección
- Falla en la suspensión
- Falta de mantenimiento
- Modificaciones inadecuadas

- Exceso de carga
- Sobredimensionamiento del vehículo

Para evitar estos errores se pueden seguir ciertas recomendaciones:

- Frenos ABS
- Adecuadas luminarias
- Direccionales
- Cinturón de seguridad
- Airbags
- Neumáticos de acuerdo al tipo de vehículo y con buena presión
- Dirección asistida
- ESP (control electrónico de estabilidad)
- Espejos retrovisores y de visión angular
- Plumillas delanteras y traseras
- Carrocería
- Reposacabezas
- Casco, chaleco para motos
- Revisión técnico mecánica = mantener el vehículo en buen estado.

10.2.3 Factor Vía y entorno

En esta parte se tienen las condiciones del entorno o medioambientales que no se pueden controlar y las características de la infraestructura que si bien el usuario no las controla si se pueden controlar y prever favorablemente desde el momento de su diseño y construcción.

En los factores medioambientales se tiene:

- La lluvia
- Niebla
- Humo
- Luminosidad o incandescencia
- Presencia de animales

En los factores de la infraestructura se tiene:

- Falta de peralte o curvas con contraperalte
- Alcantarillas expuestas
- Altas pendientes
- Obstáculos contundentes como postes o árboles
- Calzada en mal estado
- Fallas en el pavimento
- Mala iluminación
- Radios forzados
- Obras en la vía
- Vehículos obstruyendo el paso y la visibilidad
- Señalización deficiente o nula
- Materiales o líquidos aceitosos sobre la calzada

Para evitar estos factores se pueden seguir ciertas recomendaciones:

- Señalización adecuada
- Uso de bandas sonoras o alertadoras
- Rampas de salida
- Pasos de peatones
- Defensas metálicas o muros de contención
- Un adecuado diseño geométrico en especial del peralte
- Superficies de rodamiento con alta adherencia
- Buena iluminación y constante
- Mantenimiento rutinario y preventivo de las vías

Debido a la importancia la gravedad del tema se ha investigado mucho en el tema y cada día se educa más a las personas e instituciones ya que se ha vuelto un problema de salud pública. Cada día se regulan más los dispositivos que ayudan a los usuarios en la seguridad vial, hay más intervención en la infraestructura vial, hay más capacitación en educación vial y se han regulado más los límites de velocidad en las ciudades.

10.3 VISIÓN CERO 0

Es una estrategia que nació en Suecia y que busca que no haya víctimas fatales ni heridos de gravedad en siniestros de tránsito. La finalidad es establecer estrategias que ayuden a reducir las víctimas fatales en los incidentes de tránsito que ocurren en las vías de una ciudad. La idea es que esta estrategia se convierta en política pública de todas las entidades gubernamentales y sea un complemento de los planes de seguridad vial.

Este enfoque va muy ligado al concepto de “vías perdonadoras” en el cual se tiene que las personas se equivocan y, por tanto, se debe procurar el diseño de un sistema de movilidad seguro que proteja a los actores viales ya que ninguna muerte por siniestros viales es aceptable. Esta estrategia es fundamental para consolidar la tendencia a la baja en siniestros viales.

Visión cero está basada en que la vida es la prioridad y que los usuarios y reguladores de sistemas de tránsito tienen responsabilidad compartida. Esta estrategia plantea que los cambios deben hacerse gradualmente, empezando por las reducciones de velocidad y luego haciendo que los diseños viales sean quienes determinen el comportamiento humano en las vías.

De acuerdo con Bloomberg Philanthropies y el Instituto Mundial de Recursos (WRI), las principales acciones con el enfoque de Visión Cero para hacer infraestructuras más seguras son:

1. Reducir la velocidad
2. Priorizar en el diseño vial a los usuarios vulnerables como peatones y usuarios de bicicleta
3. Reforzar las acciones de educación con mucho control por parte de las autoridades

Una de las principales acciones para implementar esta estrategia se denomina pacificación del tránsito, la cual consiste en un conjunto de estrategias mediante las cuales se busca reducir la velocidad del tránsito de una zona de la ciudad, esto con el fundamento de reducir incidentes viales (especialmente los atropellos a peatones) y darle prioridad al peatón. Además, sirven para desviar el tráfico de vías residenciales hacia vías más importantes. En estas zonas la velocidad máxima es de 30 km/h.

Estas zonas son estratégicamente diseñadas en cercanías a centros educativos, centros hospitalarios, parques públicos, y demás zonas de alto volumen peatonal. Para ejecutar esta estrategia se cuentan con las siguientes alternativas:

1. Reducir la sección vial de los vehículos motorizados a lo mínimo.
2. Implementación de glorietas virtuales que puedan solucionar maniobras y hacer que los vehículos reduzcan su velocidad.
3. Implementación de isletas como reductores viales y como refugios para peatones.
4. Desplazamiento del eje de la trayectoria de los vehículos motorizados, generando zonas de parqueo o ampliando el espacio público y haciendo que los vehículos deban rebajar la velocidad.
5. Reducir la distancia de los cruces peatonales.
6. Paso elevado de peatones por medio de pompeyanos a nivel del andén.
7. Reductores de velocidad.
8. Plataformas a nivel.
9. Cambio de textura en la superficie de rodadura (pavimento).
10. Señalización e infraestructura de “calle sin salida”.
11. Implementación y adecuación de estaciones o paraderos de transporte público.
12. Incentivar la cultura de las ciudades de los 15 minutos, las cuales llevan a que sean ciudades en que se incrementen el número de viajes peatonales.

Las ciudades de proximidad o ciudades de los 15 minutos, son un modelo de ciudad descentralizada, policéntrica y multiservicio, en la que los ciudadanos se deben desplazar un cuarto de hora para satisfacer sus necesidades esenciales.



Figura 10.1. Reducción Sección Vial.

Nota: Google Maps. (2019). Envigado, Antioquia. <http://bit.ly/3bhL1Mr>



Figura 10.2. Glorietas Virtuales.

Nota: Google Maps. (2019). Envigado, Antioquia. <http://bit.ly/3bhLmib>



Figura 10.3. Implementación de Isletas.

Nota: Google Maps. (2017). Laureles, Medellín, Antioquia. <https://bit.ly/3s8ZfGy>.



Figura 10.4. Desplazamiento del eje de trayectoria (1).

Nota: S. López, comunicación personal, 2007, Jornadas sobre Movilidad sostenible y Calidad del Aire.



Figura 10.5. Desplazamiento del eje de trayectoria (1).

Nota: Welle, B; Liu, Q; Li, W; Adiazola-Steil, C; King, R; Sarmiento, C; & Obelheiro, M. (2015). *Ciudades más seguras mediante el diseño*. p.34.



Figura 10.6.Reducción de la distancia de los cruces peatonales (1).

Nota: Welle, B; Liu, Q; Li, W; Adriaola-Steil, C; King, R; Sarmiento, C; & Obelheiro, M. (2015). *Ciudades más seguras mediante el diseño*. p.35.



Figura 10.7.Reducción de la distancia de los cruces peatonales (2).

Nota: Welle, B; Liu, Q; Li, W; Adriaola-Steil, C; King, R; Sarmiento, C; & Obelheiro, M. (2015). *Ciudades más seguras mediante el diseño*. p.35.



Figura 10.8. Paso elevado de peatones a través de pompeyanos (1).

Nota: S. López, comunicación personal, 2007, Jornadas sobre Movilidad sostenible y Calidad del Aire.



Figura 10.9. Paso elevado de peatones a través de pompeyanos (2).

Nota: Welle, B; Liu, Q; Li, W; Adriaola-Steil, C; King, R; Sarmiento, C; & Obelheiro, M. (2015). *Ciudades más seguras mediante el diseño*. p.37



Figura 10.10. Reductores de velocidad.

Nota: Welle, B; Liu, Q; Li, W; Adriaola-Steil, C; King, R; Sarmiento, C; & Obelheiro, M. (2015). *Ciudades más seguras mediante el diseño*. p.31



Figura 10.11. Plataformas a nivel.

Nota: S. López, comunicación personal, 2007, Jornadas sobre Movilidad sostenible y Calidad del Aire.



Figura 10.12. Cambio de textura en la superficie de rodadura.
Nota: Google Maps. (2019). Sabaneta, Antioquia. <http://bit.ly/3umck14>



Figura 10.13. Calle sin salida.
Nota: Google Maps. (2019). Sabaneta, Antioquia. <http://bit.ly/2Zvp6w0>



Figura 10.14. Implementación y adecuación de estaciones o paraderos de transporte público (1).

Nota: Google Maps. (2019). Avenida Las Vegas, Medellín, Antioquia. <http://bit.ly/3lC81dW>



Figura 10.15. Implementación y adecuación de estaciones o paraderos de transporte público (2).

Nota: Google Maps. (2019). Avenida 30, Medellín, Antioquia. <http://bit.ly/311gsGa>

10.4 LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA SEGURIDAD VIAL

10.4.1 *Gestión institucional*

En esta línea se deben tener en cuenta a todas las instituciones comprometidas en la movilidad tanto públicas como privadas. Deben diseñar, definir, programar, gestionar y hacer seguimiento y evaluación a diferentes lineamientos de cómo abordar los problemas actuales de seguridad vial.

10.4.2 *Comportamiento Humano*

En esta línea se deben estudiar acciones que conlleven a formar usuarios idóneos en la vía. Se debe tener en cuenta que hay diferentes tipos de usuarios: peatones, pasajeros, ciclistas, motociclistas, conductores de vehículos livianos, conductores de vehículos pesados, y demás.

Con los conductores se pueden llevar a cabo las siguientes acciones:

- Adecuada selección de conductores mediante pruebas
- Capacitación en seguridad vial, señalización y las normas vigentes
- Control de documentación
- Políticas de regulación: control de alcohol y drogas, regulación de horas de conducción y descanso, regulación de velocidad, uso de cinturón de seguridad y prohibición de uso de dispositivos electrónicos
- Capacitación en técnicas de manejo preventivo y buenas prácticas de conducción
- Inspecciones técnicas regulares
- Capacitación en mecánica básica

Esta línea está ligada a la de infraestructura segura ya que dependiendo de ciertas actuaciones de los usuarios se deberá plantear el diseño de la vía nueva o la adecuación y operación de la existente. Algunos ejemplos del comportamiento humano que condicionan el diseño son: Dos curvas horizontales continuas del mismo sentido son indeseables ya que cuando un conductor toma una curva y sale de ella, está predispuesto a encontrar una curva de sentido contrario. En intersecciones semaforizadas generalmente no se guarda la distancia suficiente entre un vehículo y otro, además no se respetan los cruces vehiculares cuando hay congestión.

Hay un aspecto importante a tener en cuenta y es la edad de los conductores, especialmente personas mayores de 60 años, debido a que los tiempos de percepción y de reacción pueden aumentar y no ser suficientes para las distancias de visibilidad tanto de parada como de adelantamiento. (Resolución número 1565. 2014. pp.22-27).

Por este motivo, por normatividad nacional las personas mayores de 60 deben renovar la licencia de conducción cada 5 años y las mayores de 80 deben renovarla anualmente. Esta renovación debe hacerse mediante un examen práctico de aptitudes en conducción elaborado por un centro de enseñanza automovilística aprobado por el Ministerio de Transporte, además de un certificado de actitud física, mental y coordinación motriz para conducir otorgado por un centro de reconocimiento para conductores (CRC).

10.4.3 *Vehículos seguros*

En esta línea se deben analizar todos los factores que hacen que un vehículo sea seguro, se debe tener en cuenta a los fabricantes y proveedores que sean confiables, se deben elaborar rutinas de revisión y mantenimiento del vehículo. (Resolución número 1565. 2014. p.27).

10.4.4 Infraestructura segura

En esta línea se tienen en cuenta todos los elementos que hacen que la vía sea “perdonadora”, se tienen en cuenta el diseño geométrico, la demarcación, la señalización, la iluminación, buen estado del pavimento, eliminación o demarcación de obstáculos, análisis de puntos críticos, zonas peatonales

10.4.5 Atención a víctimas

En esta línea se deben establecer y divulgar los protocolos para atender a las víctimas en caso de un siniestro. La idea es tener un conocimiento en primeros auxilios, identificación de riesgos, líneas de emergencia, protocolos de seguridad.

11. GLOSARIO

A

Abscisa: Es la distancia, medida a lo largo del eje, desde el punto inicial del proyecto hasta dicho punto. Así un punto que esté ubicado a 8.340 metros del punto inicial de la vía tendrá entonces como abscisa K8+340. Las abscisas se dan normalmente con aproximación al centímetro.

Accesibilidad: Característica que permite en cualquier espacio el fácil desplazamiento de la población en general y el uso en forma confiable y segura de los servicios instalados en dichos espacios; incluye la eliminación de barreras físicas, actitudinales y de comunicación.

Acceso controlado: Características de ciertas vías que permiten la salida o el acceso a la misma solo en puntos específicos.

Adelantamiento: Maniobra mediante la cual un vehículo se pone delante de otro vehículo que lo antecede en el mismo carril de una calzada.

Aforo: Es la numeración y clasificación de los vehículos que pasan por un punto de una vía.

Agente de tránsito: Toda persona identificada que está investida de autoridad para regular la circulación vehicular y peatonal y vigilar, controlar e intervenir en el cumplimiento de las normas de tránsito y transporte en cada uno de los entes territoriales.

Airbags: Son bolsas que se inflan en caso de colisión cuyo objetivo es impedir que los ocupantes se golpeen con alguna parte del vehículo. Su eficacia es más del 60%. Los airbags se inflan en función de la velocidad del impacto y detienen su hinchado cuando ya no es necesario.

Alcantarilla: Tipo de obra de cruce o de drenaje transversal que tiene por objeto dar paso rápido al agua de un lado a otro de la vía.

Altura libre: Distancia vertical entre la calzada y un obstáculo superior.

Andén: Parte de la vía dedicada al tránsito de peatones.

Ángulo central: Ángulo de giro de una curva. Ángulo interno formado por los radios extremos de una curva en planta.

Ángulo de deflexión: Aquel que se mide entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior; corresponde al ángulo central de la curva necesaria para entrelazar los dos alineamientos geométricos.

Área neutral: Área de la calzada donde se restringe la circulación con el objeto de segregar el tráfico o conducirlo con seguridad.

Auxiliar de tránsito o banderero: Son trabajadores que otorgan el derecho de paso alternado, utilizando la paleta portátil pare / siga.

B

Bahía: Ensanche de calzada en un tramo de vía, de un ancho tal que permite el estacionamiento, la detención de vehículo o circulación de giro izquierdo sin que interfieran con el tránsito vehicular.

Banda alertadora: secuencia de bandas resaltadas o de bajo relieve instaladas transversal o longitudinalmente a la vía para alertar a los conductores de los vehículos cuando se acercan a cambios en las condiciones de la vía o de su entorno.

Banca: Distancia horizontal, medida al eje, entre los extremos exteriores de las cunetas o los bordes laterales.

Berma: Fajas paralelas al eje de la vía contiguas al borde de la calzada. Sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodadura, a maniobras de emergencia y la detención de vehículos con averías.

Bicicleta: Vehículo no motorizado de dos (2) o más ruedas en línea.

Bifurcación: División de una vía en ramales que se apartan de la dirección original.

Bocacalle: Embocadura de una calle en una intersección.

Bombeo: Pendiente transversal en las entretangencias horizontales de la vía, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua.

Bordillo o sardinel: Elemento de concreto, asfalto u otros materiales ubicado a nivel superior de la calzada y que sirve para delimitarla.

Brecha: Tiempo que transcurre entre el paso, por un punto fijo de una vía, del extremo posterior de un vehículo y el delantero del vehículo que lo precede en la vía.

BRT: (Bus Rapid Transit) El bus de tránsito rápido. Sistema diseñado para mejorar la capacidad y el servicio del transporte público en ciudades congestionadas. Se basa en carriles preferenciales para estos buses.

Bus: Vehículo automotor destinado al transporte colectivo de personas y sus equipajes.

C

Calle o carrera: Vía urbana de tránsito público, que incluye toda la zona comprendida entre los linderos frontales de las propiedades.

Calzada: Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos.

Calzada central y rápida: Es la calzada de una vía arteria con un sentido único de operación y destinado para el tráfico rápido.

Calzada de servicio: Es la calzada adyacente a la calzada lateral que tiene carácter local de apoyo a las actividades urbanas.

Camión: Vehículo automotor que por su tamaño y peso se usa para transportar carga o mercancía.

Canalización: Delineación horizontal y vertical del trazado de un desvío, la cual se materializa con señalización de obra.

Capacidad vehicular: Número máximo de vehículos que puede circular, por un tramo uniforme de la vía en los dos sentidos por unidad de tiempo, bajo las condiciones imperantes de vía y de tránsito.

Carril: Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

Carril de aceleración: Carril paralelo a la calzada vehicular que permite a los vehículos que deben incorporarse a la calzada principal, adquirir una velocidad similar a la que desarrollan los vehículos en la calzada principal.

Carril de desaceleración: Carril adicional que permite a los vehículos disminuir la velocidad que llevan al ingresar, para alcanzar la velocidad del ramal de enlace o de salida. Debe poseer una zona de aproximación o longitud de transición que está en función de las velocidades del ramal de entrada y del ramal de salida.

Carrocería: Estructura que se instala sobre el chasis o estructura autoportante, para el transporte de personas o mercancías.

Cebra: Demarcación de franja peatonal en forma de una sucesión de líneas sobre la calzada paralelas a los carriles de tránsito vehicular; sirve para indicar la trayectoria que debe seguir el peatón al atravesar la vía e indicar a los conductores el lugar donde puede haber peatones.

Choque: Impacto de un vehículo en movimiento con otro detenido o con un objeto

Ciclo de semáforo: Tiempo total que requiere una sucesión completa de los intervalos de un semáforo.

Ciclista: Conductor de bicicleta o triciclo.

Cicloparqueadero: Parqueadero exclusivo para bicicletas.

Ciclovía: Vía destinada a los vehículos motorizados que se cierra esporádicamente para uso exclusivo de bicicletas, generalmente es de índole deportivo o recreativo.

Ciclobanda: Carril o sector de la calzada segregada del tránsito vehicular por señalización horizontal.

Ciclorruta: Vía destinada para uso exclusivo de bicicletas y que está segregada del tránsito vehicular por señalización horizontal elevada o porque es construida a desnivel con respecto a la rasante.

Colisión: Impacto de dos vehículos en movimiento.

Conductor: Es la persona habilitada y capacitada técnica y teóricamente para operar un vehículo.

Cono de visión: Es el área que una persona puede ver sin mover los ojos. Normalmente abarca un ángulo de 10° con respecto al eje visual.

Convergencia: Unión de dos o más flujos vehiculares para formar un solo flujo: esta situación causa competencia por el uso de la vía generando una zona de conflicto la cual debe ser minimizada con una geometría que disminuya los impactos del movimiento y garantice una circulación cómoda y segura.

Coordinación de semáforos: Programa de funcionamiento de varios semáforos mediante el cual se proporciona un movimiento de tránsito que sea continuo, o casi continuo, a una velocidad definida a lo largo de una determinada ruta.

Corona: Corresponde al conjunto formado por la calzada y las bermas.

Cota: Elevación referida al nivel medio del mar.

Cruce o intersección de vías: Área formada por la intersección de dos o más vías.

Cuneta: Zanjas paralelas a la vía destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la vía.

Curva de transición: Son aquellas que proporcionan una transición o cambio gradual en la curvatura de la vía, desde un tramo recto hasta una curvatura de grado determinado, o viceversa.

Curva horizontal: Trayectoria curva que une dos tangentes horizontales consecutivas.

Curva vertical: Curvas utilizadas para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos. Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.

D

Delineadores: Dispositivos utilizados para entregar a los conductores información adicional sobre el alineamiento de la vía, especialmente en zona de curvas y en vías de alta velocidad.

Demanda: Número de vehículos que desean cruzar un punto durante determinado lapso de tiempo, es decir, se refiere al volumen más los vehículos remanentes en cola.

Demarcación: Líneas, flechas, símbolos y letras que se aplican o adhieren sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, con el fin de regular, advertir e informar a los usuarios y canalizar el tránsito.

Desvío: Vía provisional que se aparta del trazado normal o permanente, que generalmente retorna a este último por un recorrido más largo.

Diseño en planta: Proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por trayectorias curvas.

Diseño en perfil: Proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.

Diseño de la sección transversal: Definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la vía, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal.

Dispositivo para la regulación de tránsito: Cualquier señal, demarcación, semáforo o cualquier otro dispositivo usado para regular, advertir, o guiar el tránsito de una vía.

Distancia de visibilidad: Longitud de una vía, visible a un conductor bajo condiciones expresas.

Divergencia: Proceso que consiste en la disgregación de una corriente vehicular en corrientes independientes, o simplemente la separación de un vehículo de una corriente principal.

E

Eje: Elemento mecánico que sirve de soporte del vehículo, aloja a las ruedas y permite la movilidad del mismo.

Eje de calzada: Línea longitudinal a la calzada, demarcada o imaginaria, que determina las áreas con sentido de tránsito igual u opuesto.

Eje doble: Conjunto de dos ejes separados a una distancia entre centros de ruedas superior a 1.20 m e inferior a 2.40 m.

Eje simple: Eje que no forma un conjunto de ejes, es decir, se considera como tal, cuando la distancia entre centro y centro del eje más próximo es superior a 2.40 m.

Eje triple: Conjunto de tres ejes separados una distancia entre centro de ruedas externas superior a 2.40 m e inferior a 3.60 m.

Empalme: Conexión de una vía con otras, acondicionada para el tránsito vehicular.

Enlace: Conexión vial que permite el intercambio de vehículos entre dos o más vías que se cruzan a distinto nivel o que no se cruzan

Entrecruzamiento: El entrecruzamiento se presenta cuando dos corrientes vehiculares que viajan en el mismo sentido confluyen, siguen combinados por cierto tiempo y luego se separan. Hay cambios de carril y cruce de trayectorias sin la intervención de instrumentos de control.

Espaciamiento: Distancia entre dos vehículos consecutivos que se mide del extremo trasero de un vehículo al delantero del otro.

Estacionamiento: Sitio de parqueo autorizado por la autoridad de tránsito.

Estacionarse: Acto mediante el cual un conductor deja su vehículo parado en cierto lugar y se aleja de él. Implica apagar el motor.

Estoperol: Dispositivo con forma de botón que se ubica sobre el pavimento para encauzar el tránsito, como banda sonora o como un elemento de un reductor de velocidad.

Estribos: Constituyen los apoyos de un puente. Un estribo cumple dos funciones: soporta el extremo de un tramo de puente y proporciona cuando menos algo de soporte lateral para el suelo o la roca en la que descansa la calzada inmediatamente adyacente al puente. Por lo tanto, un estribo combina las funciones de pila de subestructura y de muro de contención.

F

Fase de despeje: Tiempo asignado a fin de que los vehículos puedan despejar la intersección una vez transcurrido el intervalo verde. Se usa la luz amarilla a continuación de la verde para este propósito.

Fase de semáforo: Es la parte de un ciclo de un semáforo durante la cual uno o más movimientos reciben el derecho de paso.

G

Gálibo: Altura libre que permite un puente, la parte superior de un túnel, o una estructura cualquiera que cruza encima de la plataforma vial, para el paso del tránsito. Es la distancia entre la menor cota de fondo de vigas y la cota más alta de la vía sobre la cual se cruza

Glorieta: Intersección donde no hay cruces directos sino maniobras de entrecruzamientos y movimientos alrededor de una isleta o plazoleta central

H

Hidroplaneo: Fenómeno que se produce cuando los neumáticos de un vehículo pierden el contacto con el pavimento por una película de agua que se encuentra entre el pavimento y las ruedas produciendo una pérdida de adherencia de las ruedas a la superficie de rodadura y, por ende, la pérdida del control.

Hitos: Dispositivos utilizados para advertir a los usuarios sobre puntos de riesgo presentes en la vía o en sus costados.

I

Intermodalidad: Posibilidad de usar más de un medio de transporte para realizar un viaje entre un origen y un destino, de manera rápida cómoda y segura.

Intersección: Área donde dos o más vías se unen o cruzan, ya sea a nivel o desnivel lo que comprende toda la superficie necesaria para facilitar todos los movimientos de los vehículos que se cruzan por ellos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan

Intervalo: Cualquiera de las distintas divisiones de un ciclo durante el cual las indicaciones de semáforo no cambian.

Isla (isleta de tránsito): Área restringida, ubicada entre carriles de tránsito, destinada a encauzar el movimiento de vehículos o también como refugio de peatones.

L

Lazos vehiculares: Corresponde a la infraestructura a nivel o desnivel que permite realizar un giro vehicular a la izquierda saliendo de un ramal por la derecha e ingresando a otro, también por la derecha.

Led: (light emitting diode) Dispositivos utilizados como fuente de luz en los semáforos modernos.

Línea de borde: Demarcación sobre la calzada que indica el borde exterior de la calzada.

Línea de chaflanes: Líneas que unen las estacas de chaflán consecutivas, las cuales indican hasta dónde se extiende lateralmente el movimiento de tierras por causa de los cortes o de los terraplenes.

Líneas de deseo: Representación gráfica de los volúmenes de tránsito (vehículos, ciclistas o personas) entre puntos de origen y destino.

Línea de pare (línea de detención): Marca de tránsito sobre la calzada ante la cual deben detenerse los vehículos.

Longitud de aplanamiento: Longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane con respecto al eje de rotación.

Longitud de transición: Longitud comprendida, entre el fin de la sección transversal en bombeo y el comienzo de la sección con el peralte determinado para la curva circular o viceversa.

M

Marcas viales: Elemento señalizador puesto o pintado sobre el pavimento o en elementos adyacentes al mismo, consistentes en líneas, dibujos, colores, palabras o símbolos para indicar, advertir o guiar el tránsito.

Mobiliario urbano: Son los conjuntos de objetos y piezas de equipamientos que se incorporan a la vía pública con el objeto de atender una necesidad social o prestar un determinado servicio al vecindario.

Motocicleta: Vehículo automotor de dos ruedas en línea, con capacidad para el conductor y un acompañante.

Mototriciclo: vehículo automotor de tres ruedas con estabilidad propia y capacidad para el conductor y un acompañante.

Movilidad sostenible: Es la que ayuda a reducir los efectos negativos del transporte basado combustibles fósiles, como el uso de modos no motorizados, vehículos movidos por energía eléctrica, o compartir los vehículos.

N

Nariz: Corresponde a los extremos físicos de una isleta u obstáculo presente en la vía, su forma debe ser circular y su radio mínimo es de 0.6 m para la nariz de salida y 1.0 m para la nariz de entrada.

Nivel de servicio: Refleja las condiciones operativas del tránsito vehicular en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad, los deseos del usuario y la seguridad vial.

O

Obras de drenaje: Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la vía.

Orla: Línea delgada que separa el borde del tablero con el fondo de la señal vertical. Sirve para establecer un contraste que permite distinguir mejor la señal.

P

Parada momentánea: detención de un vehículo, sin apagar el motor, sin interrumpir el normal funcionamiento del tránsito.

Paramento: Frente o superficie exterior de un muro o edificación. Aspecto exterior de la estructura de un muro.

Parqueadero: Lugar público o privado destinado al estacionamiento de vehículos.

Pavimento: Estructura de capas superpuestas que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos.

Pavimento flexible: Tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre capas de material no ligado.

Pavimento rígido: Es aquel que fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado o subbase.

Peatón: Persona que transita a pie por una vía.

Pendiente: Respecto a un plano o línea, corresponde al ángulo que se forma con la horizontal. Puede medirse en grados o en porcentaje.

Pendiente máxima: mayor pendiente de una tangente vertical que se podrá usar en una longitud que no exceda a la longitud crítica correspondiente.

Pendiente mínima: es la menor pendiente que una tangente vertical debe tener para el buen funcionamiento del drenaje superficial de la calzada.

Pendiente relativa de la rampa de peraltes: Máxima diferencia algebraica entre las pendientes longitudinales de los bordes de la calzada y el eje de la misma.

Peralte: Inclinación dada al perfil transversal de una vía en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento.

Pictograma: Escritura ideográfica en la que se dibujan en forma simple los objetos

Plan de manejo de tránsito: Es una herramienta técnica que plantea las estrategias, alternativas y actividades necesarias para minimizar o mitigar el impacto generado en las condiciones normales de movilización y desplazamientos de los usuarios de las vías (peatones, vehículos, ciclistas y comunidad en general) causados por la ejecución de una obra vial o aquellas que intervengan el espacio público, de manera que siempre se favorezca la seguridad de los usuarios de la vía, de los ciudadanos en general y de quienes participan en la construcción de la obra.

Pontón: Estructura de drenaje cuya luz medida paralela al eje de la vía es menor o igual a diez metros (10 m).

Prelación: Prioridad o preferencia que tiene una vía o vehículo con relación a otras vías o vehículos.

Puente: Estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la vía, es mayor de diez metros (10 m).

R

Radio de curvatura: Medida de la curvatura de una vía expresada en relación al eje de replanteo.

Radio de giro: Radio del arco de la curva que describe la rueda delantera exterior de un vehículo en el transcurso de una maniobra de viraje.

Ramal: División de la vía principal que permite conectarla con otro tipo de vía o elemento de una intersección.

Rampa: Ramal de intercambio con pendiente, destinado a empalmar una vía con otra a niveles diferentes.

Rasante: Es la proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de la vía. Línea longitudinal de una calzada que representa los niveles del centro de la superficie de rodadura a lo largo de la calzada.

Rebasamiento: Maniobra mediante la cual un vehículo sobrepasa a otro que lo antecedía en el mismo carril de una calzada.

Retrorreflectividad o Retrorreflexión: Propiedad que tiene una superficie de regresar una porción de luz en la misma dirección de donde proviene, se expresa en $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$. Esta propiedad permite que los objetos sean más visibles en la noche o en condiciones de baja luminosidad al ser iluminados por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa.

S

Semáforo: Dispositivo electromagnético o electrónico para regular el tránsito de vehículos, peatones mediante el uso de señales luminosas.

Semáforo activado por el tránsito: Es un tipo de semáforo en el cual la duración de la luces roja y verde y el tiempo del ciclo varían en relación con las demandas del tránsito según lo registren los detectores de vehículos o peatones.

Señal de mensaje variable: Es un dispositivo de control de tránsito cuyo mensaje puede ser cambiado manual, eléctrica, mecánica o electromecánicamente, con el fin de proporcionar a los conductores, en tiempo real, información pertinente a su viaje.

Señal de tránsito: Dispositivo físico o marca vial que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías; se instala a nivel de la vía para transmitir órdenes o instrucciones mediante palabras o símbolos.

Señal sonora: Aquella que está diseñada para ser percibida mediante el sentido del oído.

Señal táctil: Aquella que está diseñada para ser percibida por el tacto.

Señal visual: Aquella que está diseñada para ser percibida mediante el sentido de la vista.

Señalización: Conjunto de señales destinado a regular el tránsito.

Señalización horizontal: Demarcación plana (pintura) o elevada (boyas, etc.) instalada sobre la vía, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

Señalización vertical: Placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

Separador: Zonas verdes o zonas duras instaladas paralelamente al eje de la vía, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas destinadas al mismo sentido de tránsito (calzadas laterales).

Sobrecosto: Aumento en la sección transversal de una calzada en las curvas, con la finalidad de mantener la distancia lateral entre los vehículos en movimiento.

Subrasante: Superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

T

Talud: Superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén.

Tangente horizontal: Tramo recto del alineamiento horizontal de una vía urbana.

Tangente vertical: Tramos rectos del eje del alineamiento vertical.

Taxi: Vehículo automotor destinado al servicio público individual de pasajeros.

Tráfico: Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un periodo determinado.

Tramo homogéneo: Longitud del trazado de la vía al que por las características topográficas se le asigna una determinada Velocidad de Diseño.

Transición del peralte: Tramo de la vía en la que es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada, para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte.

Tránsito Promedio Diario (TPD): Número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un período dado dividido entre el número de días del período

Transporte: Es el acarreo de personas, animales o cosas de un punto a otro a través de un medio físico.

V

Vehículo: Medio capaz de desplazamiento pudiendo ser motorizado o no, que sirve para transportar personas o mercancías de un punto a otro.

Vehículo articulado: Conjunto de vehículos acoplados, siendo uno de ellos motorizado.

Vehículo de diseño: Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase.

Vehículo de emergencia: Vehículo automotor debidamente identificado e iluminado, autorizado para transitar a velocidades mayores que las reglamentadas con objeto de movilizar personas afectadas en salud, prevenir o atender desastres o calamidades, o actividades policiales, debidamente registrado como tal con las normas y características que exige la actividad para la cual se matricule.

Vehículos de servicio oficial: Vehículo automotor destinado al servicio de entidades públicas.

Vehículos de servicio particular: Vehículo automotor destinado a satisfacer las necesidades privadas de movilización de personas, animales o cosas.

Vehículos de servicio público: Vehículo automotor homologado, destinado al transporte de pasajeros, carga o ambos por las vías de uso público mediante el cobro de una tarifa, porte, flete o pasaje.

Vehículo de tracción animal: Vehículo no motorizado halado o movido por un animal.

Vehículos de transporte masivo: Vehículo automotor para transporte público masivo de pasajeros, cuya circulación se hace por carriles exclusivos e infraestructura especial para acceso de pasajeros.

Vehículo escolar: Vehículo automotor destinado al transporte de estudiantes, debidamente registrado como tal y con las normas y características especiales que le exigen las normas de transporte público.

Velocidad de diseño: Velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de vía, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad.

Visibilidad: Condición que debe ofrecer el proyecto de una vía al conductor de un vehículo de poder ver hacia delante la distancia suficiente para realizar una circulación segura y eficiente.

Vía: Zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales.

Vía férrea: Vía diseñada para el tránsito de vehículos sobre rieles, con prelación sobre todas las demás vías del sistema vial.

Vía peatonal: Zonas destinadas para el tránsito exclusivo de peatones.

Vía principal: Vía de un sistema con prelación de tránsito sobre las vías ordinarias. Normalmente tiene el volumen mayor de tránsito.

Vía ordinaria: Vía que tiene tránsito subordinado a las vías principales. Normalmente tiene volumen menor de tránsito.

Vía urbana: Aquella que atraviesa o demarca áreas urbanas consolidadas o previstas por el ordenamiento territorial, en suelo urbano o suelo urbano de expansión respectivamente.

Z

Zona de estacionamiento regulado (ZER): Celdas demarcadas en la vía cuyo objetivo es permitir el parqueo de vehículos en ciertos lugares, pero bajo un control por parte de las secretarías de movilidad por medio de un recaudo.

Zona de estacionamiento restringido: parte de la vía delimitada por autoridad competente en zonas adyacentes a instalaciones militares o de policía, teatros, bancos, hospitales, entidades oficiales y de socorro, iglesias, establecimientos industriales y comerciales.

Zona 30: Zona de tráfico calmado donde la velocidad del tráfico de vehículos se limita específicamente a un máximo de 30 km/h.

12. REFERENCIAS

Acuerdo 48 de 2014 [Alcaldía de Medellín]. Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones Complementarias. 17 de diciembre de 2014.

Agudelo Ospina, J.J. (2002). *Diseño geométrico de vías*. Recuperado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., red empresarial de seguridad vial, visión cero Bog. (2017). *Guía paso a paso: Plan Estratégico de Seguridad Vial – PESV*. Bogotá D.C, Colombia Recuperado de <https://redempresarial.movilidadbogota.gov.co/>

American Association Of State Highway And Transport Officials. (2004). *A policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C, Estados Unidos: AASHTO

Arboleda Vélez, G. (2000). *Cálculo y diseño de Glorietas*. Santiago de Cali, Colombia: AC editores.

Arboleda Vélez, G. (2010). *Vías Urbanas*. Santiago de Cali, Colombia: AC Editores.

Brockenbrough, R & Boedecker, K. (2004). *Highway engineering handbook*. Minneapolis, Estados Unidos: McGrawHill

Cárdenas Grisales, J. (2002). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá D.C, Colombia: Ecoe Ediciones.

Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo Urbano & Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C*. Bogotá D.C, Colombia Recuperado de https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Transparencia/Informacion%20de%20interes/SIIPVIALES/Innovaci%C3%B3n/Portafolio/2018/04_Abril/Doc_tecnicos/guia_diseno_vias_urbanas_bogota_web.pdf

Decreto 0113 de 2017 [Alcaldía de Medellín]. Por medio del cual se adopta el Manual del Espacio Público de Medellín y se asigna una función. 10 de febrero de 2010. Gaceta Oficial N°4433. Medellín. Recuperado de <https://www.medellin.gov.co/>

Decreto 568 de 2011 [Alcaldía de Medellín]. Por el cual se precisa el contenido del plano topográfico y de diseño vial para las solicitudes de licencia de urbanización, parcelación y subdivisión en Medellín. 26 de marzo de 2011. Gaceta Oficial N°3837. Medellín. Recuperado de <https://www.medellin.gov.co/>

Díaz Ivorra, M., Díaz Ivorra, J., Ferreiro Prieto, I., Pérez Carrión, M., Serrano Cardona, M., Tomás Jover, R., Sentana Gadea, I & Sentana Cremades, E. (2002). *Influencia de la geometría en la determinación de los puntos de conflicto en una intersección de viales*. Universidad de Alicante, España. Recuperado de <https://personal.ua.es/>

DNV (2010). *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*. Recuperado de <http://ingenieriadeseguridadvial.blogspot.com/>

HOF Consultores S.A.S, & Corporación Fondo de Prevención Vial. (2012). *Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y usos de Sistemas de Contención Vehicular*. Bogotá.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2015). Boletín técnico No. 2. *Diseño de ingeniería vial para condiciones urbanas*. Recuperado de https://www.idu.gov.co/web/content/7420/boletin_condiciones_urbanas_26ene15.pdf

Ley 769 de 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Julio 6 de 2002. .DO. N° 44.932.

Ley 1811 de 2016. Por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el Código Nacional de Tránsito. Octubre 21 de 2016. .DO. N° 50.033.

MAPGIS. Alcaldía de Medellín (2020). Mapas Medellín. https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0

Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá D.C. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1>

- Ministerio de Transporte. (2004). *Manual de Señalización Vial. Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Bogotá D.C. Recuperado de <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/29/manuales-de-senalizacion-vial/genPagDocs=1>
- Ministerio de Transporte. (2015a). *Manual de Señalización Vial. Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Bogotá D.C. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1>
- Ministerio de Transporte. (2015b). *Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas*. Bogotá D.C. Recuperado de https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/4853/publicacionesmovilidad_sostenibleguia_de_ciclo-infraestructura_para_ciudades_colombianas/
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile. (2009). *Manual de Vialidad Urbana. Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana*. Santiago de Chile.
- Montoya H, G. (2005). Ingeniería de Tránsito. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de ingeniería civil
- Resolución número 1565 de 2014 [Ministerio de Transporte]. Por la cual se expide la guía metodológica para la elaboración del plan estratégico de seguridad vial. 6 de junio de 2014
- Resolución número 4100 de 2004 [Ministerio de Transporte]. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional. 28 de diciembre de 2004.
- Reyes Spíndola, R. C. M. & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones*. Ciudad de México, México: Alfaomega.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano & Banco Interamericano de Desarrollo, J. (2019). *Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas*. Ciudad de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/manual-de-calles-diseno-vial-para-ciudades-mexicanas>

Seriani, S & Torres, J. C. (2013). *Análisis de tiempo de todo rojo vehicular en cruces peatonales saturados*. Universidad de Los Andes, Chile. Recuperado de <https://revistas.uchile.cl>

Uribe Celis, S. L. (2006). *Manual de diseño geométrico para vías e intersecciones urbanas*. Universidad de Los Andes, Bogotá. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/22796>

Welle, B; Liu, Q; Li, W; Adriazola-Steil, C; King, R; Sarmiento, C; & Obelheiro, M. (2015). *Ciudades más seguras mediante el diseño*. Ciudad de México, México: EMBARQ. Recuperado de <https://publications.wri.org/citiessafer/es/#fore>

13. BIBLIOGRAFÍA

Agudelo Ospina, J.J. (2008). *Diseño computarizado de carreteras*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT

Alcaldía de Medellín, Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. (2012). *Encuesta origen destino de hogares y de carga para el Valle de Aburrá*. Medellín

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaría de Tránsito y Transporte; Cal y Mayor Asociados. (2005). *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*. Bogotá D.C.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA. (2015). *Manual de ciclo-infraestructura metropolitana : Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá, PMB 2030*. Medellín: Área Metropolitana Valle de Aburrá

Crow. (2011). *Manual de diseño para el tráfico de bicicletas*. Ede, Países Bajos: Fietsberaad

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020) Proyecciones y retroproyecciones de población con base al CNPV-2018. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/>

Department of Transport. (2004). *Traffic Management Guidelines*. Dublin, Irlanda: Stationery Office.

Department for Transport. (2006) Traffic Advisory Leaflet. *General Principles of Traffic Control by Light Signals*. UK

Dupuy, G. (1998). *El urbanismo de las redes, teorías y métodos*. Barcelona: Editorial Oikos Tau. Recuperado de https://bibliodarq.files.wordpress.com/2014/08/2_dupuy-g-el-urbanismo-de-las-redes-teorc3adas-y-mc3a9todos.pdf

Huang L. StreetMix. Recuperado en agosto de 2020 de <https://streetmix.net/-/1226820>

Quintero-González, J. R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 57-72. Recuperado de <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-40.citm>

Sociedad Antioqueña de Ingenieros SAI. (2016). *Memorias del Simposio Colombiano de Seguridad Vial*. Medellín.