

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD
EN LA AVENIDA CIRCUNVALAR ENTRE EL ACCESO A MONSERRATE
(CALLE 22) Y EL BARRIO EGIPTO (CALLE 10)**

**AVENDAÑO CARRILLO ALIX CAROLINA
LEÓN GRANADOS MARIO NICOLÁS**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD
EN LA AVENIDA CIRCUNVALAR ENTRE EL ACCESO A MONSERRATE
(CALLE 22) Y EL BARRIO EGIPTO (CALLE 10)**

**AVENDAÑO CARRILLO ALIX CAROLINA
Código. 3021111081
LEÓN GRANADOS MARIO NICOLÁS
Código. 302111108**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Asesor Disciplinar: I.C. Edgar Ladino
Asesor Metodológico: LIC. Roy Morales**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL:.....	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	24
4. HIPÓTESIS	25
5. MARCO REFERENCIAL	26
5.1 MARCO CONCEPTUAL.....	26
5.1.1 Generalidades.	26
5.1.2 Velocidad.....	26
5.1.3 Infraestructura.	29
5.1.4 Accidentalidad.	32
5.1.5 Reductores de velocidad.	34
5.2 MARCO LEGAL.....	39
5.2.1 A nivel Internacional.	39
5.2.2 A nivel nacional.	41
5.2.2.1 Código Nacional de Tránsito.....	41
5.2.2.2 Ley 769 de 2002.....	42
5.2.2.3 La ley 1503 del 29 de diciembre del 2011.....	42
5.2.2.4 Manual de señalización vial y Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.	42
5.2.2.5 Resolución 1384 de 2010.	43
5.3 MARCO GEOGRÁFICO.....	43

6.	METODOLOGÍA.....	46
6.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
6.2	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
6.3	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	46
6.4	POBLACIÓN.....	48
6.5	MUESTRA.....	48
6.6	FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
6.6.1	Fase I: Recolección de Información.....	49
6.6.2	Fase II. Procesamiento de información.....	50
6.6.3	Fase III. Análisis de Resultados.....	50
6.7	INSTRUMENTOS.....	51
6.7.1	Formato para Aforos de tiempo.....	51
6.7.2	Formato de Velocidades.....	51
6.7.3	Lista de chequeo condiciones generales.....	51
6.7.4	Programa de Modelación.....	52
7.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	53
7.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES TRAMO DE ESTUDIO “AV. CIRCUNVALAR ENTRE CALLE 10 Y CALLE 22”.....	53
7.2	COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	54
7.2.1	Aforos vehiculares.....	54
7.2.1.1	Universidad Distrital Francisco José de Caldas.....	55
7.2.1.2	Retorno.....	57
7.2.1.3	Universidad Externado de Colombia.....	59
7.2.1.4	Universidad de los Andes.....	61
7.3	ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ZONA DE ESTUDIO “AV. CIRCUNVALAR ENTRE CALLE 10 Y CALLE 22”.....	63
7.3.1	Ubicación de los reductores de velocidad.....	63
7.3.2	Ancho de calzada.....	65
7.3.3	Elementos geométricos de la vía.....	66
7.4	INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD.....	69
7.4.1	Estadística obtenidos en la Secretaria Distrital de Movilidad para la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22”.....	69

7.4.2	Índices de accidentalidad del tramo de estudio “Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22”.....	72
7.4.2.1	Índice por peligrosidad para accidentes totales.	73
7.4.2.2	Índice por peligrosidad para accidentes con víctimas.	74
7.4.2.3	Índice de Severidad (Is).....	75
7.4.3	Determinación de puntos críticos de accidentalidad.....	77
7.4.3.1	Metodología.....	77
7.4.4	Diagrama de choques.	85
7.5	EVALUACIÓN DE VELOCIDADES PUNTOS DE ESTUDIO.....	90
7.5.1	Reductores de velocidad de tránsito cerca de la Universidad Distrital.	91
7.5.2	Retorno – Carrera 5ª por Carrera 5.	93
7.5.3	Velocidades Universidad Externado.	96
7.5.4	Velocidades Universidad de los Andes.....	98
8.	VELOCIDADES ÓPTIMAS DE OTROS REDUCTORES.....	102
8.1.1	Reductores de Velocidad con estoperoles.....	104
8.1.2	Reductores de Velocidad Bandas sonorizadoras de cemento.....	105
8.1.3	Reductores de Velocidad Resalto virtual.	106
9.	METODOLOGIA DEL SOFTWARE PTV VISSIM.....	108
9.1.1	Fase I: Recolección de información.....	108
9.1.2	Fase II: Modelación.....	108
9.1.3	Fases III: Análisis de resultados.....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
	ANEXOS.....	111

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mortalidad por siniestros de tránsito, Colombia 1991 – 2012	13
Figura 2. Líneas Reductororas	35
Figura 3. Resalto Circular Perfil Transversal	36
Figura 4. Resalto Circular Perfil Longitudinal.	36
Figura 5. Resalto Trapezoidal, vista en perfil.	36
Figura 6. Resalto Virtual.....	37
Figura 7. Resalto Portátiles.....	37
Figura 8. Sonorizadores.....	38
Figura 9. Bandas Sonoras de estoperoles	39
Figura 10. Marco Legal Internacional	40
Figura 11. Ubicación- entre las localidades La Candelaria y Santafé	43
Figura 12. Ubicación Geográfica	44
Figura 13. Ubicación de los reductores de velocidad implementados en la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22.....	45
Figura 14. Muestreo aleatorio simple.....	48
Figura 15. Metodología de estudio	52
Figura 16. Bandas sonorizadoras cerca de la Universidad de los Andes.....	63
Figura 17. Bandas sonorizadoras cerca de la Universidad Distrital e Instituto Alexander Von Humboldt.....	64
Figura 18. Bandas sonorizadoras ubicadas entre la Carrera 5A y Carrera 5	64
Figura 19. Bandas sonorizadoras cerca de la Universidad Externado de Colombia	65
Figura 20. Av. Circunvalar entre acceso Calle 10 y Calle 22- Sentido Norte – Sur	67
Figura 21. Av. Circunvalar entre acceso Calle 10 y Calle 22 – Sentido Sur – Norte	68
Figura 22. Etapas de la determinación de puntos críticos de accidentalidad	78
Figura 23. Av. Circunvalar Calle 16- Cerca de la Universidad de los Andes	80
Figura 24. Avenida Circunvalar con Calle 12.....	81
Figura 25. Av. Circunvalar Carrera 5	82
Figura 26. Universidad Distrital de Colombia.....	83
Figura 27. Universidad Externado de Colombia.....	84
Figura 28. Diagrama de choque cerca de la Universidad de los Andes	86

Figura 29.	Diagrama de choque cerca de la Universidad Distrital.....	86
Figura 30.	Diagrama de choque – Retorno Carrera 5ª por Carrera 5.....	87
Figura 31.	Diagrama de choque cerca de la Universidad Externado.	87
Figura 32.	Puntos críticos de la Av. Circunvalar Calle 10 y Calle 22.....	89
Figura 33.	Bandas sonorizadoras de cemento en Transversal 100g por calle 71.	103
Figura 34.	Estoperoles en Carrera 6 por calle 70.	103
Figura 35.	Resalto Virtual	103
Figura 36.	Modelación de la Universidad Distrital	110
Figura 37.	Modelación de la Universidad Externado de Colombia	110
Figura 38.	Modelación de la Universidad de los Andes	110
Figura 39.	Modelación Retorno (Av. Circunvalar por Carrera 5)	110

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Composición vehicular Universidad Distrital.	55
Gráfica 2. Volúmenes horarios Universidad Distrital	56
Gráfica 3. Composición Vehicular Retorno	57
Gráfica 4. Volúmenes horarios Retorno	58
Gráfica 5. Composición vehicular Universidad Externado	59
Gráfica 6. Volúmenes Horarios Universidad Externado	60
Gráfica 7. Composición vehicular Universidad de los Andes.....	61
Gráfica 8. Volúmenes Horarios Universidad de los Andes	62
Gráfica 9. Número de accidentes de tránsito Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22 para los años 2014 y 2015.....	69
Gráfica 10. Clases de accidentes viales ocasionado en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22.....	70
Gráfica 11. Tipo de gravedad de accidentes de tránsito en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22	71
Gráfica 12. Número de lesionado en la Av. Circunvalar en la Calle 10 y Calle 22.....	72
Gráfica 13. Indicadores de accidentalidad en la Av. Circunvalar entre la Calle 10 y Calle 22.....	76
Gráfica 14. Estimación de accidentes para el año 2020 en la Av. Circunvalar entre la Calle 10 y Calle 22.....	76
Gráfica 15. Total accidentes en la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22	85
Gráfica 16. Velocidades percentil 85 – Universidad Distrital	92
Gráfica 17. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.	93
Gráfica 18. Velocidades Percentil 85 - Retorno.....	94
Gráfica 19. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.	95
Gráfica 20. Velocidades Percentil 85 Antes, durante y después, Universidad Externado.....	97
Gráfica 21. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.	98
Gráfica 22. Velocidades Percentil 85 Antes, durante y después, Universidad de los Andes.....	99
Gráfica 23. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.	100
Gráfica 24. Velocidades Percentil 85 Antes, Durante y Después. Bandas Sonoras con estoperoles.....	104

Gráfica 25. Velocidades percentil 85 Antes, Durante y después. Bandas sonoras de
Cemento..... 105

Gráfica 26. Velocidades percentil 85 Antes, Durante y Después. Resalto Virtual..... 106

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Promedio y percentil 85 de velocidad (mph), por tipo de medida.....	15
Fuente. A Comparative Study of Speed Hump, Speed Slots and Speed Cushions.....	15
Cuadro 2. Resultados del estudio generado en Contra Costa Country.....	16
Cuadro 3. Resultados del estudio generado Israel.....	17
Cuadro 4. Resultados del estudio de Minnesota.....	17
Cuadro 5. Resultados del estudio de Minnesota.....	18
Cuadro 6. Velocidad de Diseño de acuerdo al tipo de Carreteras.....	28
Cuadro 7. Ancho de Calzadas en metros, de acuerdo a la velocidad de diseño.....	30
Cuadro 8. Ancho de Bermas en metros, de acuerdo a la velocidad de diseño.....	30
Cuadro 9. Clasificación de los Niveles de Servicio, de acuerdo a la velocidad de diseño.....	31
Cuadro 10. Estudio de Volúmenes de Tránsito en la Av. Circunvalar.....	32
Cuadro 11. Dimensiones de la vía.....	53
Cuadro 12. Características y usos de la vía.....	53
Cuadro 13. Ancho de calzada según la normatividad.....	66
Cuadro 14. Índice por peligrosidad para accidentes totales en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22.....	73
Cuadro 15. Siniestralidad por Accidentes de Tránsito. Gravedad de accidentalidad.....	74
Cuadro 16. Índice de peligrosidad para accidente con víctimas en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22.....	74
Cuadro 17. Índice de severidad en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22.....	75
Cuadro 18. Resultados de la Modelación en la Universidad Distrital.....	111
Cuadro 19. Resultados de la Modelación de la Universidad Externado.....	111

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se desarrolla con el fin de evaluar la implementación de los reductores de velocidad en la Avenida Circunvalar entre el acceso Calle 10 y el acceso Calle 22 hacia el año 2014, en ambos sentidos (Norte- Sur y Sur- Norte), los cuales cada uno de ellos se encuentra ubicados cerca de: La universidad Externado, Universidad Los Andes, Universidad Distrital y el retorno que comunica ambos sentidos, y que se caracterizan por ser bandas sonorizadoras.

Debido, a que la Avenida Circunvalar es una vía sub-urbana y maneja velocidades operacionales mayores a 80 khp, es de gran importancia determinar la efectividad de los reductores de velocidad y determinar las mejores medidas que respondan a las necesidades de control de tráfico que requiere el sector, ya que, con el paso del tiempo en la zona de estudio aumento el nivel de centros educativos y punto de atención a la salud como la incidencia en la accidentalidad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Anualmente fallecen más de 1,2 millones de personas en las vías del mundo, y alrededor de 35 millones de personas resultan lesionadas o sufren traumatismos, según el Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial. Colombia al estar clasificada como un país de ingresos medianos, presenta tasas de letalidad por accidentes de tránsito entre 21,5 y 19,5 por cada 100.000 habitantes¹.

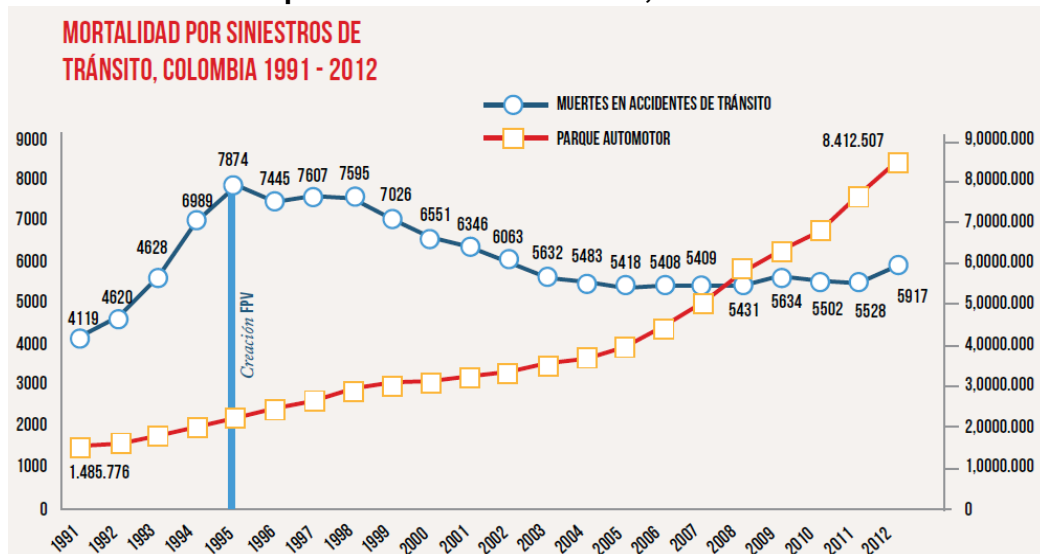
Considerando que, a partir del aumento del parque automotor en las últimas décadas, se entendió la idea de que no era posible optimizar un espacio para el crecimiento normal que el tránsito demandaba. Las alternativas basadas en la expansión de la infraestructura vial, se tornaban contraproducentes e insuficientes, debido a la inexistencia de políticas que apoyen e incentiven el uso de los sistemas de transporte no motorizados o los sistemas de transporte público colectivos y masivos. Por lo tanto una gran cantidad de vehículos genera mayores cantidades de flujo, que a su vez viene acompañado del desarrollo de altas velocidades causales de altos índices de accidentalidad vial y riesgos para la vida de los usuarios del corredor.

No obstante, en el año 1991 en Colombia, se generaron registros comparativos entre el crecimiento del parque automotor y el número de muertos producto de accidentes de tránsito (ver Figura 1. Mortalidad por siniestros de tránsito, Colombia 1991 – 2012); obteniendo cifras alarmantes tan solo para los primeros 5 años de estudio (1991-1995), se evidencia un aumento significativo de 3755 muertes por accidentes de tránsito, con tan solo 2'000.000 de vehículos en el país. Así pues, con base en estos datos de defunciones asociadas a los

¹Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones y profesionales. Ginebra, Sociedad Global de Seguridad Vial (GRSF por sus siglas en inglés), 2008.

accidentes del tráfico, se crea el Fondo de Prevención Vial, el cual se enfoca en proteger la vida de los actores de la vía, a través no solo del sistema vehicular, también analizando y entendiendo la infraestructura, comportamiento humano e institucionalidad.²

Figura 1. Mortalidad por siniestros de tránsito, Colombia 1991 – 2012



Fuente: Archivos históricos hasta el 2003. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses desde el 2004. Parque automotor, RUNT. Proceso: Dirección de Investigación FPV, bajo la metodología de investigación de la OMS.

De ahí, la reducción de velocidad de tránsito presenta un evidente e importante significado dentro de las consecuencias de tráfico, y se estima para el año 2030, las víctimas mortales en las vías de circulación se incrementarían hasta convertirse en la quinta causa principal de mortalidad, a menos que se tomen acciones inmediatas. Por lo tanto se implementan medidas y técnicas cuyo propósito es modificar la trayectoria y velocidad del conductor, dependiendo de las circunstancias que se le imponen.

² El legado de la seguridad Vial en Colombia. Fondo de Prevención vial Informe de Gestión. . [En línea]. Junio 2014 [Citado 9 de agosto de 2015]. Disponible en: http://www.fpv.org.co/uploads/documentos/libreria/informe_gestion_fpv.pdf.

Así, el tramo de la Avenida Circunvalar entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el barrio Egipto (calle 10), ha sufrido cambios en la interacción que existe entre los vehículos y los usuarios vulnerables, esto se evidencia en la implementación de reductores de velocidad, en aquellos puntos en los cuales hay incidencia considerable de zonas escolares, zonas hospitalarias y residenciales. La zona de estudio no solo se caracteriza por presentar flujo de vehículos motorizados; gran parte de los usuarios de la vía de tránsito son vulnerables: peatones, en su gran mayoría expresados en pasos peatonales, ciclistas y usuarios de vehículos de motor de dos ruedas. La Organización Mundial de la Salud³, demuestra que los peatones, los ciclistas y los motociclistas representan un 46 % de las víctimas mortales, que se ven involucradas en un accidente de tránsito promedio en el mundo.

Es por esto, que es de gran importancia evaluar los efectos de las estructuras pacificadoras de tráfico, y determinar los cambios que se han generado en la seguridad vial del sector.

1.1 ANTECEDENTES

El Instituto de Ingenieros de Transportes de los Estados Unidos, realizó un estudio comparativo de los dispositivos de tráfico calmado que son más populares en este país. Este estudio surge a partir de la necesidad de identificar las demoras en los tiempos de reacción de vehículos de emergencia al pasar por vías con presencia de resaltos⁴. El Resalto, los cojines de velocidad y las ranuras de velocidad, fueron evaluados de sectores residenciales de la ciudad de Washington D.C, los datos generados para el análisis de las velocidades y el comportamiento de los conductores, fueron tomados por medio de videos (Nedzesk, 2004).

⁴ El legado de la seguridad Vial en Colombia. Fondo de Prevención vial Informe de Gestión. . [En línea]. Junio 2014 [Citado 9 de agosto de 2015]. Disponible en: http://www.fpv.org.co/uploads/documentos/libreria/informe_gestion_fpv.pdf.P. 14.

Asimismo, los datos fueron recogidos por períodos de dos horas durante los días laborables entre las 10 a.m., y las 2 p.m. durante condiciones de buen tiempo. Tras recolectar información de alrededor de 2000 vehículos, se encontró que las ranuras de velocidad seguido de los resaltos de 22 pies de ancho permitían mayores promedios de velocidad luego de haber cruzado dicho dispositivo; Por el contrario los resaltos de 12 pies de ancho y los cojines de velocidad, registraron las velocidades de cruce más bajas, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Promedio y percentil 85 de velocidad (mph), por tipo de medida

Device Type	Average Speed	85 th Percentile Speed
Speed Hump-12-ft	9.6	12.3
Speed Hump-22-ft	15.2	18.8
Prefabricated Speed Hump-14-ft	10.6	14.3
Speed Slot	20.5	26.5
Speed Cushion	10.1	12.8

Fuente. A Comparative Study of Speed Hump, Speed Slots and Speed Cushions.

Del mismo modo, el Instituto de Transporte de Texas, realizó un estudio basado en el efecto que tienen las bandas sonoras transversales en las velocidades de operación de los vehículos⁵. Se comparó cuatro estudios diferentes que involucran las *bandas transversales* como factor para mejorar la seguridad vial en intersecciones, glorietas y giros. Todos los estudios fueron comparados con el diseño antes y después de la instalación de los reductores de velocidad, lo cual implicó generar una hipótesis de pequeños cambios en la velocidad de los vehículos.

El primer estudio se realizó en California, Contra Costa Country, y su propósito fue determinar si los conductores reducían la velocidad antes de las intersecciones luego de la implementación de las bandas sonoras.

⁵ Effectiveness of Rumble Strips on Texas Highways: first year report. [En línea]. Austin (Texas): Texas Transportation Institute. 2003. [Citado 2015-10-5]. Disponible en: <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/0-4472-1.pdf>.

Se realizaron registros en tres puntos antes de los cruces vehiculares a diferentes distancias, en las cuales se pudieron determinar las velocidades de operación que se expresan en el Cuadro 2. El estudio antes-después fue ejecutado una semana antes de la implementación y dos meses después del tratamiento a la vía, evidenciándose una reducción significativa en la velocidad de los conductores ante las bandas sonoras implementadas, denotada en la desaceleración del percentil 85 entre puntos.

Cuadro 2. Resultados del estudio generado en Contra Costa Country

Speed Measurement Location	Measurement	Before Rumble Strip Installation	After Rumble Strip Installation
1000 feet (304.8 m) Upstream	85th Percentile Speed (mph/kph) ¹	44.0 (70.8)	46.0 (74.0)
	Deceleration Rate (fpsps/mpsps) ²	0.57 (0.17)	1.43 (0.44)
450 feet (137.2 m) Upstream	85th Percentile Speed (mph/kph) ¹	41.0 (66.0)	37.0 (59.5)
	Deceleration Rate (fpsps/mpsps) ²	3.46 (1.05)	2.70 (0.82)
Intersection	85th Percentile Speed (mph/kph) ¹	14.8 (23.8)	15.1 (24.3)

Fuente: Effectiveness of rumble strips on Texas Highways: first year report.

El Segundo estudio fue realizado en la ciudad de Israel, ciudad donde se evaluó el uso de *bandas sonoras* en una intersección controlada. Treinta y ocho bandas sonoras fueron instaladas cerca a las intersecciones, las velocidades fueron medidas en ocho tramos a lo largo de la intersección. Como resultado se obtuvo que las velocidades medias registradas, disminuye entre un 5 a un 50 por ciento luego de la implementación de las *bandas sonoras*, como se muestra en el Cuadro 3. Encontrándose que los conductores generalmente reducen la velocidad antes y algunos otros conductores reducen aún más la velocidad, lo cual incrementa la varianza de la velocidad.

Cuadro 3. Resultados del estudio generado Israel

Distance from Intersection	<i>(ft)</i>	128	101	87	78	50	32	14	5
	<i>(m)</i>	420	330	285	255	165	105	45	15
Mean Speed (Before)	<i>(mph)</i>	117.8	116.0	113.9	112.8	104.0	92.5	66.9	39.8
	<i>(kph)</i>	73.2	72.1	70.8	70.1	64.6	57.5	41.6	24.7
Mean Speed (After)	<i>(mph)</i>	111.8	101.5	86.9	70.0	52.9	50.9	39.4	23.7
	<i>(kph)</i>	69.5	63.1	54.0	43.5	32.9	31.6	24.5	14.7
Percent Change	<i>(%)</i>	-5.1	-12.5	-23.7	-37.9	-49.1	-45.0	-41.1	-40.5

Fuente: Effectiveness of rumble strips on Texas Highways: first year report.

El tercer estudio fue realizado en Minnesota por el Departamento de Autopistas de Minnesota, allí se estudió el efecto de las *bandas sonoras* en siete intersecciones controladas y se identificaron dimensiones, espaciamentos y materiales del pavimento y de los reductores de velocidad. Los datos de las velocidades se indicaron a diferentes distancias de la intersección, con un rango de 30 a 101 vehículos registrados. Como resultado, las velocidades antes-después de los vehículos expresados en el Cuadro 4., se evidencia la reducción considerable que existe luego de la implementación de las bandas sonoras, y su impacto en los tipos de vía en los cuales se implementa.

Cuadro 4. Resultados del estudio de Minnesota

Distance from Intersection (ft/m)	Average Speed (mph/kph)			Significant?
	Before Installation	After Installation	Difference	
300 (91.4)	31.01 (49.91)	27.99 (45.05)	3.02 (4.86)	Yes
500 (152.4)	36.57 (58.85)	33.59 (54.06)	2.98 (4.80)	Yes
1,000 (304.8)	43.70 (70.33)	41.39 (66.61)	2.31 (3.72)	Yes
1,500 (457.2)	47.26 (76.06)	44.47 (71.57)	2.79 (4.49)	Yes
Free Flow	52.09 (83.83)	52.58 (84.62)	-0.49 (-0.79)	No

Note: The metric values are in parenthesis.

Fuente. Effectiveness of rumble strips on Texas Highways: first year report.

El último estudio que se analizó se llevó a cabo en la Universidad de Toledo, el objetivo fue evaluar la efectividad de las *bandas sonoras*, en siete enfoques o lugares diferentes, pero todos con consideraciones de intersección controlada. Las velocidades fueron determinadas a 91,4 metros luego de la primera banda sonora. Los resultados de la reducción de velocidad fueron comparados para determinar si eran estadísticamente significativos en el 95 % de nivel de confiabilidad.

De los siete lugares, cinco generaron estadísticas significativas en la reducción de velocidad, gracias a que permitieron los mayores porcentajes de diferencia. Véase el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados del estudio de Minnesota.

Location of Rumble Strips	Mean Speed (mph)			Significant?
	Before	After	Reduction	
SR 281, East of SR 108	41.9 (67.4)	35.9 (57.8)	6.0 (9.7)	Yes
SR 281, West of SR 108	47.9 (77.1)	39.9 (64.2)	8.0 (12.9)	Yes
SR 576, North of SR 34	43.9 (70.7)	45.9 (73.9)	-2.0 (-3.2)	No
SR 576, South of SR 34	45.9 (73.9)	41.9 (67.4)	4.0 (6.4)	Yes
US 20, East of US 127	51.9 (83.5)	49.9 (80.3)	2.0 (3.2)	Yes
US 20, West of US 127	53.9 (86.7)	51.9 (83.5)	2.0 (3.2)	No
US 20, West of US 108	53.9 (86.7)	49.9 (80.3)	4.0 (6.4)	Yes

Note: The metric values are in parenthesis.

Fuente. Effectiveness of rumble strips on Texas Highways: first year report.

Por otra parte, el Fondo de Prevención Vial junto con GSD Expertos en transportes efectuó una guía para mejorar las condiciones de movilidad con relación a las afectaciones de accidentalidad en la ciudad⁶. En este Informe se busca evaluar propuestas pensadas en los hábitos de los ciudadanos al tener la necesidad de movilizarse, es por esto que, la metodología va más allá de cómo controlar las velocidades de los vehículos dentro de la ciudad, permitiendo

⁶Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones y profesionales. Ginebra, Sociedad Global de Seguridad Vial (GRSF por sus siglas en inglés), 2008.

identificar herramientas que al ser implementadas en los diferentes puntos críticos de accidentalidad mejore las relaciones existentes vehículo-peatón-infraestructura, dentro de las cuales se tienen afectaciones en la accidentalidad, disuadir el tránsito, incentivar medios de transporte masivos, mejorar condiciones urbanas y disminuir el tráfico. Adicionalmente, se proponen algunos elementos que deben ser tenidos en cuenta para lograr identificar el sitio el cual requiere pacificar el tránsito, este diagnóstico se hace indispensable debido al dimensionamiento que se tiene en cada uno de los escenarios. En todos los casos se requiere información acerca de los anchos de vía, zonas laterales, sentidos de la vía, usos del suelo, y tránsito de peatones, motos, vehículos y bicicletas.

Mientras que en la Tesis realizada por Mónica Giovanna Bogotá y Adriana del Pilar Delgado⁷, “Modelo Alternativo de Reductor de Velocidad”, se realizó un análisis de los reductores de velocidad instalados en vías que conectan los municipios que circundan la ciudad, estos fueron comparados con la normatividad existente de instalación, diseño y estudio de campo para su posterior implementación. Se evaluaron velocidades antes, durante y después de los reductores de velocidad, con las cuales se realizó un análisis de la información y su posterior análisis. Los resultados obtenidos ponen en duda la efectividad y la funcionalidad para la cual fueron instalados estos dispositivos y por lo tanto se plantea un nuevo diseño de reductor de velocidad que tenga en cuenta las falencias de las reductoras fuentes de estudio.

Igualmente, Juan David Gómez y Diego Alexander Manrique⁸, a través de la ejecución de su proyecto de grado, analizaron las velocidades de operación en la Avenida Circunvalar, en el tramo comprendido entre la entrada a Monserrate hasta la Parroquia del Barrio Egipto en sentido norte-sur. El estudio de las velocidades,

⁷ BOGOTÁ RIVEROS, Mónica y DELGADO CASTRO, Adriana. Modelos Alternativos de Reductor de Velocidad. Trabajo de Grado Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad De La Salle. Facultad de Ingeniería, 2011. 308.P.

⁸ GOMEZ ULLOA, Juan David y MANRIQUE MAPE, Diego Alexander. Estudio de la velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizadas. Trabajo de Grado Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2014. 113p.

permitió generar una inspección a la señalización vial existente a lo largo del tramo, junto con las cifras de accidentalidad suministradas por la Secretaria de Movilidad, evidenciando como resultado de esta investigación que las velocidades reales de operación, no corresponden a las reglamentarias según la señalización existente, y por lo tanto el diseño geométrico representa un riesgo de accidentalidad para aquellas personas que superan los límites permitidos.

Del mismo modo, Jimmy Alexander Millán y Luis Miguel Olivera⁹, identificaron y evaluaron las características generales del flujo en la Avenida Circunvalar, en el tramo comprendido entre la entrada a Monserrate hasta la Parroquia del Barrio Egipto en sentido Sur-Norte. De la composición vehicular aforada, se identificaron los medios de transporte con mayor impacto en la zona, las velocidades de operación reales en diferentes horarios y el comportamiento de los conductores ante la señalización vertical existente. Gracias a el análisis de los anteriores parámetros del corredor, relacionaron el análisis geométrico elaborado, con las velocidades de operación real de los vehículos, con esto se evidencio que la velocidad con la que los conductores transitan por este espacio, no es la óptima para las condiciones geométricas impuestas por la señalización vertical, permitiendo que las condiciones de seguridad vial del sector, deterioren la calidad de vida de los residentes y habitantes del sector.

Finalmente, Andrés Fernando Galán y Juan Sebastián Vélez¹⁰, en la monografía realizaron una inspección de los reductores de velocidad en la Ciudad de Cuenca Ecuador, en la cual se identificaron 22 tramos en el ámbito rural y urbano. Para esta investigación se evaluaron parámetros correspondientes al estado,

⁹ MILLÁN CADENA, Jimmy Alexander y OLIVERA LÓPEZ, Luis Miguel. Influencia de la Velocidad de operación y diseño geométrico en la accidentalidad caso de estudio Avenida Circunvalar en el tramo comprendido entre la Parroquia Nuestra Señora de Egipto a la entrada a Monserrate, sentido Sur-Norte. Trabajo de Grado Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2014 71p.

¹⁰ GALA AUQUILLA, Andrés Fernando y VELEZ MALO, Juan Sebastián. Estudio de los reductores de velocidad en las zonas urbanas y rurales de la ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay. Monografía para Ingeniería Civil. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca. Facultad de Ingeniería, 2013. 75 p.

mantenimiento, señalización informativa, afectaciones al tráfico y el cumplimiento de la normatividad para la instalación, diseño y ubicación del reductor en estudio. Las conclusiones obtenidas de este estudio, demostraron que el diseño geométrico del reductor tiene que ser evaluado dependiendo de los niveles de servicio de la vía, acompañado de la señal complementaria que informen límites de velocidad para el paso sobre el reductor.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera los reductores de velocidad en la Avenida Circunvalar entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el Barrio Egipto (Calle 10), inciden en los puntos críticos de concentración de accidentes?

2. JUSTIFICACIÓN

Los accidentes viales a nivel mundial se han convertido en una problemática social y salud pública, obteniéndose cifras alarmantes de 1,2 millones de muertes anuales causados por colisiones vehiculares, en la que además se indica que en Colombia un 65% de víctimas ocasionados por accidentes de tránsito mueren en zonas urbanas¹¹, en donde el exceso de velocidad es un factor predominante para la inseguridad vial, puesto que a mayor velocidad, mayor es la probabilidad de accidentalidad y su gravedad. Asimismo, al conducir a grandes velocidades las habilidades para procesar la información visual del entorno pueden pasar desapercibidas.

De tal modo que, al tener control de la velocidad permite al conductor maniobrar y tener una percepción amplia del entorno por el cual circula, lo que implica a su vez mejorar las medidas que permitan la reducción de velocidad en áreas con un gran flujo peatonal o aquellas vías de circulación continua. Teniendo en cuenta lo anterior, los dispositivos de reducción de velocidad cumple la condición de controlar y pacificar de alguna manera el comportamiento de los usuarios jerarquizando la función de los actores de la vía¹², mejorando la seguridad vial de la zona.

Por esa razón, la Avenida Circunvalar por ser un tramo vial que se caracteriza por presentar intersecciones no semaforizadas, permite que los vehículos que circulan por esta desarrolle mayores velocidades instantáneas, lo que implica menores

¹¹Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones y profesionales. Ginebra, Sociedad Global de Seguridad Vial (GRSF por sus siglas en inglés), 2008.

¹²ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL, Secretaría de Tránsito y Transporte, Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte, 2da edición octubre de 2005, Tomo V. Seguridad vial y medidas de gestión. p. 4-7

tiempos de viaje de los usuarios y consigo imprudencia de los conductores al no respetar la señalización existente.

Por lo anterior, se busca evaluar la efectividad de los reductores de velocidad implementados para el tramo de la Avenida Circunvalar comprendido entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el Barrio Egipto (Calle 10), de donde parte la concepción de que un dispositivo de control de velocidad de tránsito debe generar pasos seguros para los usuarios más vulnerables (peatones y ciclistas) y mitigar la vulnerabilidad de riesgo en caso de accidente. Considerando factores geométricos de la vía, el comportamiento de los peatones, las velocidades vehiculares por tipología de vehículo, señalización existente y la evaluación de las mejores alternativas que respondan a las necesidades de los usuarios.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la incidencia de la implementación de los reductores de velocidad en la Avenida Circunvalar entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el Barrio Egipto (Calle 10), tras la afectación en puntos críticos de concentración de accidentalidad.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar el comportamiento de los usuarios de la vía en presencia de reductores de velocidad existentes.
- Determinar la reducción de velocidad de las estructuras de pacificación del tránsito.
- Analizar los potenciales conflictos entre los vehículos motorizados y flujos no motorizados en la vía, indicando medidas correctivas que mejor responden ante dichas situaciones.

4. HIPÓTESIS

A partir de la implementación de los reductores de velocidad de tránsito en la Avenida Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22, permitirá que los indicadores de accidentalidad desde el año 2014 disminuyan, asimismo corroborando su efectividad en su instalación, tipo y localización en el tramo de estudio.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1 Generalidades.

Los dispositivos de control de velocidad se encuentran como una de las opciones de la pacificación del tránsito, teniendo en cuenta que, la velocidad es uno de los factores que influye en la gravedad de accidentalidad, obteniéndose cifras dramáticas para la ciudad de Bogotá del 40% por el exceso de velocidad según el Fondo de Prevención Vial¹³. Además se tiene en cuenta que, los dispositivos de control de velocidad son herramientas útiles que minimizan accidentes causados por la infraestructura vial, en otras palabras, un mal diseño geométrico de la vía mal implementado puede llegar a tener medidas correctivas a través de los medios de pacificación del tránsito (Reductores de Velocidad), y, asimismo permite jerarquizar, controlar las funciones en las vías.

5.1.2 Velocidad.

La velocidad es un parámetro de cálculo representativo que caracteriza el diseño geométrico de la vía en estudio, asimismo, es una medida cualitativa que proporciona al usuario un nivel o calidad de servicio. Se debe tener en cuenta las condiciones topográficas, la importancia de la carretera, volúmenes de tránsito, factores climáticos, usos del suelo, garantizando así, la asignación de valores adecuados y seguros de velocidades¹⁴ para las vías o carreteras en operación.

¹³ Metodología para el cálculo de la velocidad límite en las vías urbanas colombianas. Fondo de Prevención Vial. SURA. [en línea]. Colombia: Bogotá, 2011, pág. 11. [Citado 12 de Oct., 2015]. Disponible en: http://www.fpv.org.co/uploads/repositorio/guia_para_determinar_el_limite_de_velocidad_urbana_20140203.pdf

¹⁴ AGUDELO OSPINA, John Jairo. Diseño Geométrico de Vías. Trabajo de Grado Especialista de Vías y Transporte. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, p. 201.

Se expresa:

$$(1) V\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{\text{Distancia (Longitud-metros)}}{\text{Tiempo (segundos)}}$$

Los valores de velocidad pueden ser obtenidos de distintas formas en campo, con resultados diferentes. Se tiene:

- *Velocidad instantánea o de punto.* Velocidad de un vehículo en cualquier momento durante su recorrido¹⁵.
- *Velocidad de recorrido.* Conocida como velocidad de viaje, definida como el cociente entre la distancia recorrida por un vehículo y el tiempo que emplea en recorrerla. En este tiempo se incluyen todas las demoras ajenas a la voluntad del conductor¹⁶.
- *Velocidad de marcha.* Denominada velocidad de cruce, se calcula al dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Todo aquel tiempo en el que el vehículo se hubiese detenido por cualquier causa, será descontado en el cálculo del tiempo de recorrido¹⁷.
- *Velocidad de Diseño.* Conocida como velocidad de proyecto, corresponde a una velocidad guía para definir las especificaciones mínimas para el diseño geométrico. Puede ser definida por tramos dependiendo de las diferentes condiciones físicas principalmente. Se denomina entonces velocidad a la cual se puede transitar de una manera cómoda y segura, bajo condiciones favorables¹⁸.

¹⁵ CIFUENTES OSPINA, Nancy. Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad. Maestría en Ingeniería Civil, Énfasis en Tránsito y Transporte. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 2014, p. 30.

¹⁶ *Ibíd.* p. 30.

¹⁷ *Ibíd.* p. 31

¹⁸ *Ibíd.* p.32.

A partir del Cuadro 6., se muestra una directriz de la asignación de velocidades de acuerdo al tipo de terreno y el tipo de carretera, como guía técnica.

Cuadro 6. Velocidad de Diseño de acuerdo al tipo de Carreteras

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)											
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
Primaria de dos calzadas	Plano												
	Ondulado												
	Montañoso												
	Escarpado												
Primaria de una calzada	Plano												
	Ondulado												
	Montañoso												
	Escarpado												
Secundaria	Plano												
	Ondulado												
	Montañoso												
	Escarpado												
Terciaria	Plano												
	Ondulado												
	Montañoso												
	Escarpado												

Fuente: Instituto Nacional de Invias. Manual para Diseño Geométrico para Carreteras. Capítulo 2.

Para el procesamiento de las velocidades obtenidas en campo, se indican los siguientes estudios:

- *Estudio de velocidades percentiles.* “La velocidad correspondiente al percentil 85 es aquella que solamente es sobrepasada por el 15%, es decir el 85% de los conductores elije viajar a una velocidad media (km/h)”¹⁹.
- *Estudio de velocidades de operaciones.* “La velocidad de operación es aquella en la cual circula el 85% de los vehículos cuando no existe congestión”²⁰.
- *Estudio de velocidades efectivas.* “Corresponde a la máxima velocidad a la que un vehículo puede circular en condiciones de flujo libre”²¹.

¹⁹ AGUDELO OSPINA, John Jairo. Diseño Geométrico de Vías. Trabajo de Grado Especialista de Vías y Transporte. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, p. 41.

²⁰ *Ibíd.*, p. 42.

²¹ *Ibíd.*, p. 41.

No obstante, la velocidad es un elemento que debe ser evaluado con una serie de condiciones que, me permita conocer el comportamiento de los usuarios de la vía, es decir, la velocidad es el protagonista evaluado que empíricamente incide en el tráfico calmado. A través de una investigación que busca medir la eficacia de las estrategias posibles para lograr un tráfico calmado y la caracterización del comportamiento del conductor (CORKLE, 2001) , se ejecutó diferentes simulaciones con diferentes condiciones, que a su vez demuestra una vez más que la eficiencia, la funcionalidad y el diseño del reductor de velocidad, es un parámetro medible y confiable para seleccionar estrategias adecuadas según el comportamiento de las velocidades en la zona de estudio.

5.1.3 Infraestructura.

Se refiere a las instalaciones, servicios que son fundamentales para el funcionamiento del transporte, en la que se considera el uso del suelo, la planificación de la red, construcción y diseño de secciones e intersecciones de carreteras, señalización tanto vertical como horizontal.²² Para el desarrollo de la infraestructura se debe tener en cuenta los siguientes parámetros, que hacen de esta operacionalmente segura a la hora de ser transitada:

- *Diseño geométrico:* Es aquel que determina las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía y velocidades²³. Su implementación es de gran trascendencia a nivel operacional puesto que, su incidencia en la vía puede llegar hacer directamente proporcional a las causales de los riesgos de accidentalidad.

²² CASQUERO, E. y RODRIGUEZ, Moya. Indicadores para la seguridad vial. ACEX. Jornada Técnica sobre Indicadores en la Gestión de la Conservación de Carreteras.

²³ AGUDELO OSPINA. Óp. Cit., p. 45.

Para este estudio se tomara los siguientes parámetros de diseño geométrico establecidos por la normatividad técnica, para ser comparados en la zona de estudio “Avenida Circunvalar”. Véase el Cuadro 7 y 8.

Cuadro 7. Ancho de Calzadas en metros, de acuerdo a la velocidad de diseño

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V _{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

Cuadro 8. Ancho de Bermas en metros, de acuerdo a la velocidad de diseño.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V _{TR}), km/h									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas ¹	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria ²	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

- *Estudio de señalización:* “Se refiere a la especificación y ubicación de las señales verticales (preventivas, informativas, y reglamentarias), así mismo, como el diseño de las líneas de demarcación del pavimento”²⁴. Sin la

²⁴ CASQUERO, E. y RODRIGUEZ, Moya. Indicadores para la seguridad vial. ACEX. Jornada Técnica sobre Indicadores en la Gestión de la Conservación de Carreteras. p. 38.

existencia de esta señalización, el caos vehicular, la desinformación para los usuarios sería dramáticamente peligrosa e insegura, aumentando considerablemente los accidentes ocasionados en la vía.

- *Estudios de Tránsito y Niveles de Servicio:* El estudio de tránsito es uno de los primeros estudios rigurosos que se debe evaluar en una vía, ya que, estima volúmenes de tránsito, con el fin de, brindar un servicio y tener en cuenta el comportamiento de los usuarios en la vía, como su rentabilidad económica y diseño de pavimento. Por otro lado, el nivel de servicio es la calidad de servicio que se ofrece en la vía, este factor íntimamente ligado con la velocidad operacional, puesto que, se entiende que a mayor velocidad mayor es el nivel de servicio, y, a mayor volumen menor el nivel de servicio. El nivel de servicio considera dos factores de afectación, los factores internos se determinarán a partir de las composiciones vehiculares presentes en la vía, velocidad, volumen, movimientos entrecruzados y los factores externos determinados a partir de las características físicas de la vía, tales como anchura de carriles, distancia libre lateral y pendiente.

Cuadro 9. Clasificación de los Niveles de Servicio, de acuerdo a la velocidad de diseño

NIVEL DE SERVICIO	CONDICION DE FLUJO	VELOCIDAD MAX DE CIRCULACION	VOLUMEN DE SERVICIO
A	Libre	> 95 kph	400 vph (20%)
B	Estable	> 80 kph	900 vph (50%)
C	Estable	65 kph	1400 vph (70%)
D	Casi inestable	55 kph	1700 vph (85%)
E	Inestable	40 kph	2000 vph (100%)
F	Forzado	< 40 kph	< 2000 vph

Fuente: Tráfico en las vías interurbanas.

Se muestra en el Cuadro 9., los niveles de servicio con su comportamiento descriptivo con respecto a las velocidades ejecutadas en una vía, en la cual se le

otorga una letra dependiendo de las mejores o peores condiciones operativas del flujo, desde la A hasta la F respectivamente.

En el Cuadro 10., se selecciona el nivel de servicio D, para la Av. Circunvalar entre la calle 22 hasta la calle 10, a partir de un estudio de TPD obtenido de la Secretaria de Movilidad hacia el año 2013.

Cuadro 10. Estudio de Volúmenes de Tránsito en la Av. Circunvalar

CUADRO RESUMENTE DE AFORO - 2013																		
FECHA	HORARIO_DE_LA_TOMA_DE_INFORMACION	VOL_VEHICULOS_LIVIANOS_TOTAL_TOMA	VOL_TPC_TOTAL_TOMA	VOL_CAMIONES_TOTAL_TOMA	VOL_MOTOS_TOTAL_TOMA	%APORTE_ACCESORIOS_TOTAL_DEL_DIA	%APORTE_ACCESORIOS_SUR_TOTAL_DEL_DIA	%APORTE_ACCESORIOS_CESTE_TOTAL_DEL_DIA	%APORTE_ACCESORIOS_MIXTOS_TOTAL_DEL_DIA	VOLUMEN_TOTAL_TOMA_VEHICULOS_MIXTOS	PERIODO	HMD_PERIODO	VOL_VEHICULOS_LIVIANOS_HORA_MAXIMA_DEMANDA	VOL_TPC_HORA_MAXIMA_DEMANDA	VOL_CAMIONES_HORA_MAXIMA_DEMANDA	VOL_MOTOS_HORA_MAXIMA_DEMANDA	VOL_TOTAL_HORA_MAXIMA_DEMANDA_VEHICULOS_MIXTOS	FHP_HORARIA_DEMANDA
21-may-13	06:00-22:00	12512	765	211	2408	0%	100%	0%	0%	15896	AM	06:45 - 07:45	1238	56	20	620	1994	0,8633929
21-may-13	06:00-22:00	12512	765	211	2408	0%	100%	0%	0%	15896	M	12:00 - 13:00	951	62	15	112	1140	0,9375
21-may-13	06:00-22:00	12512	765	211	2408	0%	100%	0%	0%	15896	PM	17:00 - 18:00	1160	57	5	105	1327	0,8990515

DATOS DEL PUNTO DE ESTUDIO	
NOMBRE_ARCHIVO: 45565_AK_1_X_CL_18_130521_VDPR.xlsm	LONGITUD: 74°03'55,11"
CODIGO_NODO: 45565	LATITUD 04°35'59,52"
ENSAYO: VDPR	HORAS_ENSAYO: 16

Fuente: Secretaria Distrital de Movilidad.

5.1.4 Accidentalidad.

Para el estudio de la implementación de reductores de velocidad en una zona específica se debe conocer con anterioridad, la capacidad y niveles de servicio en un flujo continuo, que indica el movimiento de vehículos y personas por un tipo de infraestructura dado con características particulares, teniendo en cuenta que la capacidad dependen del volumen del tránsito, de su forma de operar y de las interacciones de las concentraciones de tránsito y el flujo vehicular²⁵.

²⁵ Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte: Tránsito. Bogotá D.C. Octubre de 2005. Segunda edición- Tomo III. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, ISBN 958-97712-2-x.

Pero asimismo, los factores de incidencia para la implementación de los reductores de velocidad es preciso proporcionar y recolectar información de acuerdo a la accidentalidad, ya que, a partir de los indicadores de accidentalidad se tiene conocimiento cuantitativo de la peligrosidad que puede conllevar una vía, y a su vez, permite generar alternativas o metodologías para la mitigación de accidentes graves específicamente por el exceso de velocidad.

*Principales indicadores de accidentalidad*²⁶:

1. Ipat = (Índice de peligrosidad de accidentes de tránsito) = Número total de accidentes registrados en un año, versus el flujo vehicular o volumen en determinada zona de estudio

$$(2) \quad \mathbf{Ipat} = \frac{10^8 N}{TPD * 365 * L}$$

2. Ipav= (Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas) = Número total de accidentes con víctimas registrados en un año, versus el flujo vehicular o volumen en determinada zona de estudio

$$(3) \quad \mathbf{Ipav} = \frac{10^8 N_v}{TPD * 365 * L}$$

3. Is = (Índice de severidad) = “Relaciona el número equivalente de accidentes de tránsito con la cantidad de flujo vehicular.

$$(4) \quad \mathbf{Is} = 10^8 * ((9 * \mathbf{AF}) + (1.5 * \mathbf{AS}) + \mathbf{Asimp})$$

En donde:

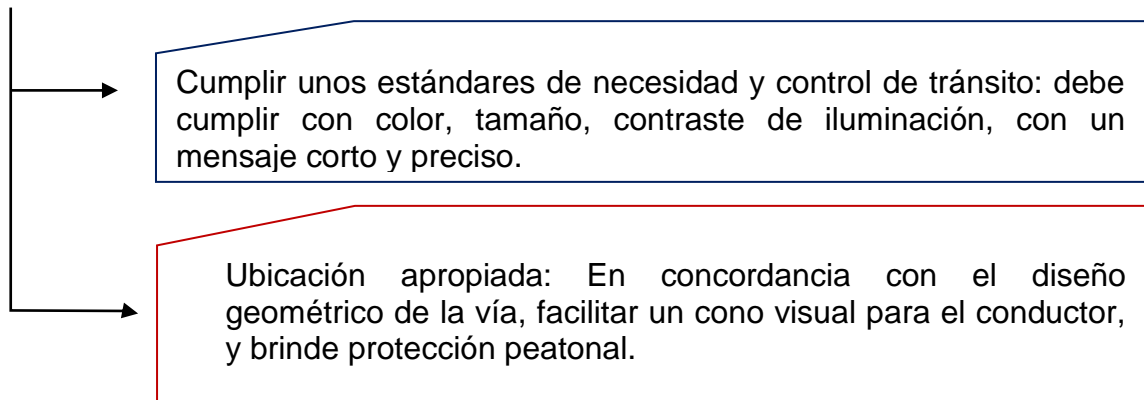
N= Número de accidentes.
 Nv= Número de accidentes con víctimas
 L= Longitud del tránsito (metros, kilómetros).
 AF= Accidentes fatales.
 AS= Accidentes serios.
 Asimp= Accidentes simples.
 TPD = Tránsito promedio diario

²⁶ CAL.MAYOR, R y CÁRDENAS, J. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. 8° ed. Ciudad de México, México: Omega, 2007, p15.

5.1.5 Reductores de velocidad.

Los dispositivos de control son herramientas que permite la regulación del tránsito, trayendo consigo la mejora en cuanto a la movilidad, minimiza accidentes.

Los dispositivos deben cumplir con los siguientes factores:



Para la implementación de los reductores de velocidad, se basará en un estudio que pueda establecer el tipo de reductor de velocidad, la jerarquía, y el tipo de vía, volumen vehicular, y, demás características que permitan disminuir los efectos generados por el incremento de velocidades en la vía que exponga la vida del usuario (conductor, peatón).

El Ministerio de Transporte, describe los principales tipos de reductores de velocidad, que pueden ser implementados a lo largo del territorio nacional:

- *Líneas Reductororas de Velocidad:* Las líneas reductoras de velocidad, generan una ilusión óptica al conductor para disminuir de velocidad. Empleadas principalmente en pasos peatonales al igual que en zonas de alto riesgo de accidentes, su ubicación e implementación se realizara en el carril de circulación, de coloración blanca.

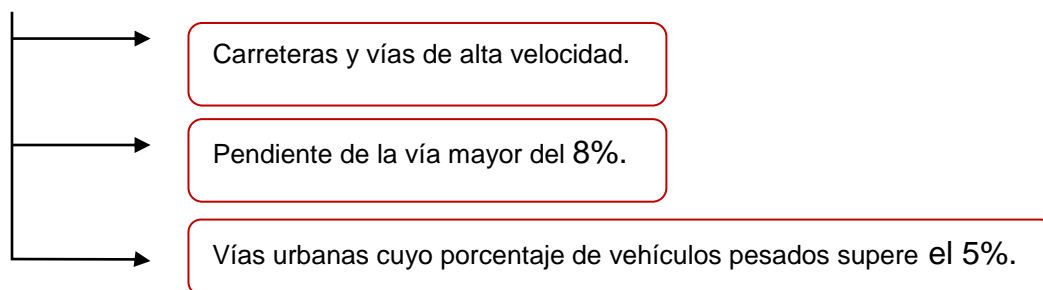
Figura 2. Líneas Reductoras



Fuente: Propia.

- *Resaltos:* Las ondulaciones de la vía o las curvas verticales, son los elementos más comunes y efectivos para generar la reducción de velocidad de los vehículos, logrando aumentar la seguridad en la circulación de peatones e intersecciones.

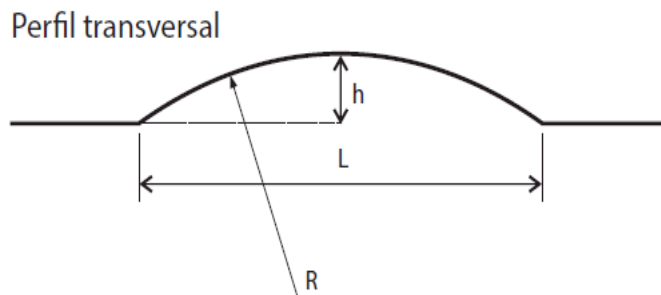
No se recomienda el uso de los resaltos en sectores como:



Existen varios tipos de resaltos:

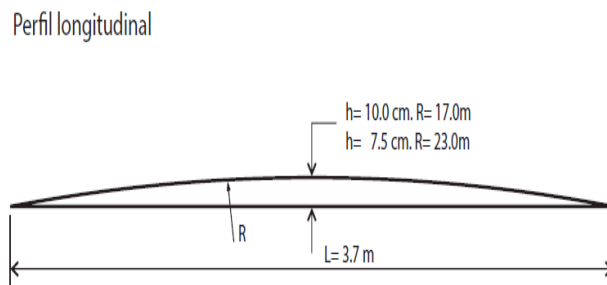
- *Resalto Circular:* Es de sección circular, se puede colocar en un solo carril o toda la sección de la vía. La velocidad típica de cruce de estos resaltos es de menos de 20 km/h.

Figura 3. Resalto Circular Perfil Transversal



Fuente: Guía de medidas para calmar el tráfico.

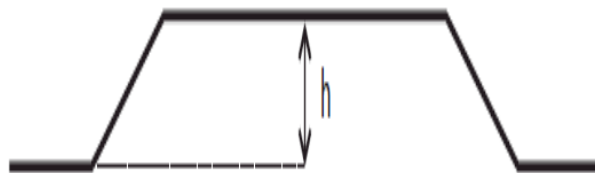
Figura 4. Resalto Circular Perfil Longitudinal.



Fuente: Guía de medidas para calmar el tráfico.

- *Resalto Trapezoidal o pompeyano*: Es un resalto de tope plano, el cual permite a los peatones un cruce peatonal a nivel de aceras. La velocidad típica de cruce de estos resaltos es de 27.4 Km/h.

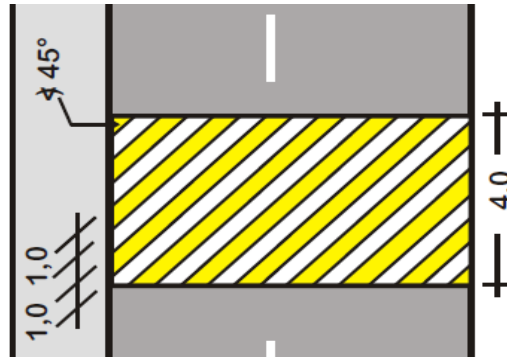
Figura 5. Resalto Trapezoidal, vista en perfil.



Fuente: Guía de medidas para calmar el tráfico.

- *Resalto Virtual*: Marca en el pavimento, el cual genera en el conductor la sensación de estar observando un resalto, con el fin de que el usuario disminuya la velocidad del vehículo. No requieren señalización vertical alguna.

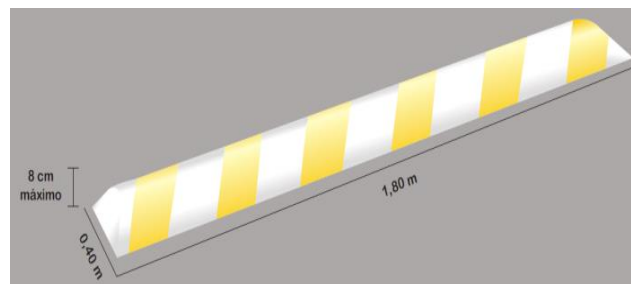
Figura 6. Resalto Virtual



Fuente: Manual de Señalización Vial.

- *Resaltos Portátiles*: Dispositivos elaborados en caucho, plástico u otro material sintético de bajo peso y de alta resistencia de impacto, en la cual se emplean en forma temporal o fija²⁷ según lo requiera.

Figura 7. Resalto Portátiles

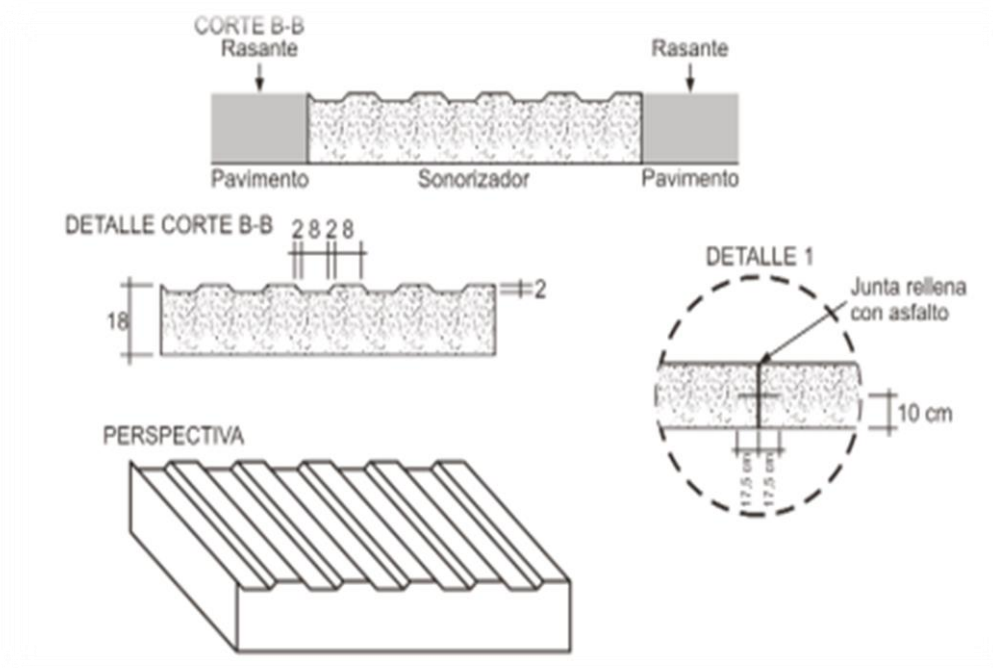


Fuente: Manual de Señalización Vial.

²⁷ Manual de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito. [Citado 22 de Marzo., 2015]. Disponible en: http://www.intt.gob.ve/repositorio/pagina_nueva/carrusel/manual_venezolano_de_dispositivo_uniformes/6_mvduct_Cap6_reductores_de_velocidad.pdf

- *Sonorizadores*: Dispositivo reductor constituido por franjas rugosas construidas en concreto, asfalto entre otras, que causa vibración del vehículo, asimismo, generando ruido, cuya funcionalidad es disminuir la velocidad de operación y brindarle al conductor un mecanismo de alerta²⁸.

Figura 8. Sonorizadores



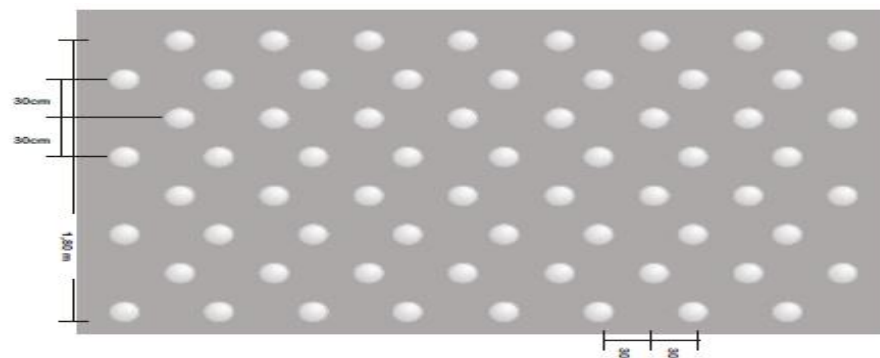
Fuente: Manual de Señalización Vial.

- *Bandas Sonoras*: Dispositivos fabricados con aglomerados o estoperoles, adheridos a la capa de rodadura por medio de pinturas epoxicas o resinas termoplásticas, que a su vez genera ruido y es ascendente de acuerdo a la velocidad de operación, es decir, a mayores velocidades igual a molestias a los ocupantes y posibles daños mecánicos de los vehículos.

²⁸ Manual de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito.[Citado 22 de Marzo., 2015]. Disponible en: http://www.intt.gob.ve/repositorio/pagina_nueva/carrusel/manual_venezolano_de_dispositivo_uniformes/6_mvduct_Cap6_reductores_de_velocidad.pdf

Según Paul J. Carlson y Jeff D. Milles (CARLSON P. J., 2003), desarrollaron un estudio en la cual evalúa la eficacia de las bandas sonorizadoras en la carreteras de Texas, a partir de varias pruebas con varios vehículos comerciales se desarrollaron velocidades mayores a 120 km/h, el cual se demostró que las bandas sonoras continuas son de gran beneficio en cuanto a la reducción de accidentes, todo esto se mide a partir de factores de instalación, ubicación, forma, tamaño y cantidad de ruido y vibraciones que se asignen desde su momento de diseño, ya que su funcionalidad depende de advertir, alertar y despertar al automovilista.

Figura 9. Bandas Sonoras de estoperoles



Fuente: Manual de Señalización Vial.

5.2 MARCO LEGAL

5.2.1 A nivel Internacional.

El incremento de los accidentes de tránsito a causa del exceso de velocidad en las carreteras, ha producido reacciones a nivel Internacional y más exactamente en Europa. Hacia la década de los años 90 aparecen los indicadores de riesgo y seguridad que pueden llegar a tener una vía en operación, sin embargo, eran criterios muy subjetivos para quien evaluará el tramo o zona de estudio, es por esto que, se consolida el **Eurorap**, un programa de valoración de la seguridad en

las carreteras Europeas, en las cuales se evalúa a partir de estrellas según sus características y su riesgo asociado, indicando los defectos de seguridad vial a partir de una inspección y mapeo de los posibles accidentes que le pueda ocasionar al usuario.

Por otro lado existen filosofías como **Sustainable Road Safety**, en el cual básicamente busca mitigar, reducir al mínimo el número de muertos y lesionados a causa de un accidente de tránsito, basándose en tres pilares:

- La funcionalidad: Una red vial debe estar concebida por una estructura jerárquica.
- Homogeneidad: se caracteriza por tener mayor control de los movimientos de tráfico, separación adecuada de cada uno de los actores que participa en la vía, y, la reducción de velocidad en puntos conflictivos.
- Predictibilidad: Prevenir la incertidumbre entre los conductores, y si, construir y señalar de manera adecuada y vistosa para regular un comportamiento entre los usuarios equilibrado. Es decir, orientar y controlar al usuario a través de indicaciones implementadas en la infraestructura.

Asimismo, se contempla el **PROYECTO REVEL**, que es la revisión de velocidades a partir de metodologías para fijar un límite de velocidad, dependiendo de las características técnicas, la circulación y las circunstancias del entorno, buscando un decrecimiento de heridos y fallecidos causados por la accidentalidad en las vías.

Figura 10. Marco Legal Internacional



Fuente propia.

5.2.2 A nivel nacional.

La reglamentación en Colombia en base a la fomentación y cumplimiento de la normatividad de la seguridad vial para las carreteras colombianas se reflejara en diferentes decretos, códigos, manuales, resoluciones; que si bien están implementadas y legalizadas.

5.2.2.1 Código Nacional de Tránsito.

El Código Nacional de Tránsito en su normatividad involucra reglamentaciones basados en el comportamiento de los usuarios en la vía, dentro de los cuales están determinados límites de velocidad en las zonas de la ciudad de Bogotá D.C. A continuación serán mencionados los artículos que son relevantes en el presente estudio.

Artículo 74. Reducción de velocidad.

“Establece la reducción de velocidad a 30 km/h a la que debe someterse el usuario de la vía, al transitar por zonas de concentración de personas y en zonas residenciales, en zonas escolares, cuando la condición de visibilidad se reduzca, ante la existencia de señales de tránsito que lo ordenen y ante una intersección”.

En los sectores viales que serán objeto de estudio, es pertinente generar reducciones de velocidad, debido a la existencia de centros educativos, pasos peatonales y centros de atención a la salud que son demarcados con la señalización obligatoria de límites de velocidad.

Artículo 106. Límites de velocidad en zonas urbanas público.

“En vías urbanas las velocidades máximas serán de sesenta (60) kilómetros por hora excepto cuando las autoridades competentes por medio de señales indiquen velocidades distintas”.

Dependiendo de las características del sector en donde se ubicara el presente estudio se podrá determinar las velocidades máximas permitidas, que acorde a las especificaciones técnicas de la vía permitirán contemplar limitaciones de flujo.

Artículo 106. Límites de velocidad en zonas rurales.

“La velocidad máxima permitida en zonas rurales será de ochenta (80) Kilómetros por hora. En los trayectos de las autopistas y vías arterias en que las especificaciones de diseño y las condiciones así lo permitan, las autoridades podrán autorizar

velocidades máximas hasta de (100) kilómetros por hora por medio de señales adecuadas.”

Es pertinente genera espacios, en los cuales los conductores puedan maniobrar ante actividades diferentes a los comportamientos de los usuarios de la vía, con el fin de relacionar la velocidad de operación del vehículo.

Artículo 109. De la obligatoriedad

“Todos los usuarios de la vía están obligados a obedecer las señales de tránsito de acuerdo con lo previsto en el artículo 5, de este código”.

Los elementos que permiten regular el tránsito indican a los usuarios las precauciones que se deben tener en cuenta, al igual que las limitaciones presentes en el tramo dadas las especificaciones de la vía.

5.2.2.2 Ley 769 de 2002.

A través de esta ley se defiende el derecho de seguridad de los usuarios, calidad, oportunidad, libre circulación, y en los cuales se define claramente los factores y elementos que inciden en un accidente de tránsito, En otras palabras, el Ministerio de Transporte debe promover el Plan Nacional de Seguridad Vial que requiere toda nación para la prevención e información de los actores de la vía.

5.2.2.3 La ley 1503 del 29 de diciembre del 2011.

Mediante el cual promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía. Y en la que además, se prevalece el rol del actor en la vía.

5.2.2.4 Manual de señalización vial y Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

El Manual de Señalización Vial, establece especificaciones para el diseño, ubicación y aplicación de los dispositivos de regulación del tránsito en carreteras. Por otro lado el manual de Diseño Geométrico de Carreteras sintetiza los parámetros elementales que compone las carreteras para dar cumplimiento a la normatividad colombiana, teniendo en cuenta la seguridad de los usuarios.

5.2.2.5 Resolución 1384 de 2010.

El objeto de esta resolución se *adopta el método para establecer los límites de velocidad en las carreteras*, de acuerdo a: la sectorización de la carretera, la asignación genérica de velocidad para cada sector, el uso de señales y la revisión periódica y conservación de señales.

5.3 MARCO GEOGRÁFICO.

El tramo de estudio “*AVENIDA CIRCUNVALAR ENTRE EL ACCESO A MONSERRATE (CALLE 22) Y EL BARRIO EGIPTO (CALLE 10)*”, se encuentra ubicado en la zona oriental de la ciudad de Bogotá, en los límites de las localidades de Santa Fe y La Candelaria, en la Figura 15. Se ilustra desde la entrada al Santuario de Monserrate y la Iglesia de Egipto.

Figura 11. Ubicación- entre las localidades La Candelaria y Santafé



Fuente Bogotá como vamos.

La Avenida Circunvalar es una de las vías más importantes de Bogotá, gracias a que comunica al norte con el sur, en su trayecto por tres localidades, Chapinero, Santafé y La Candelaria. Los usos del suelo que se encuentran presentes en esta

red vial principal se caracteriza por presentar sectores residenciales, educativos y recreativos, entre otros.

Características:

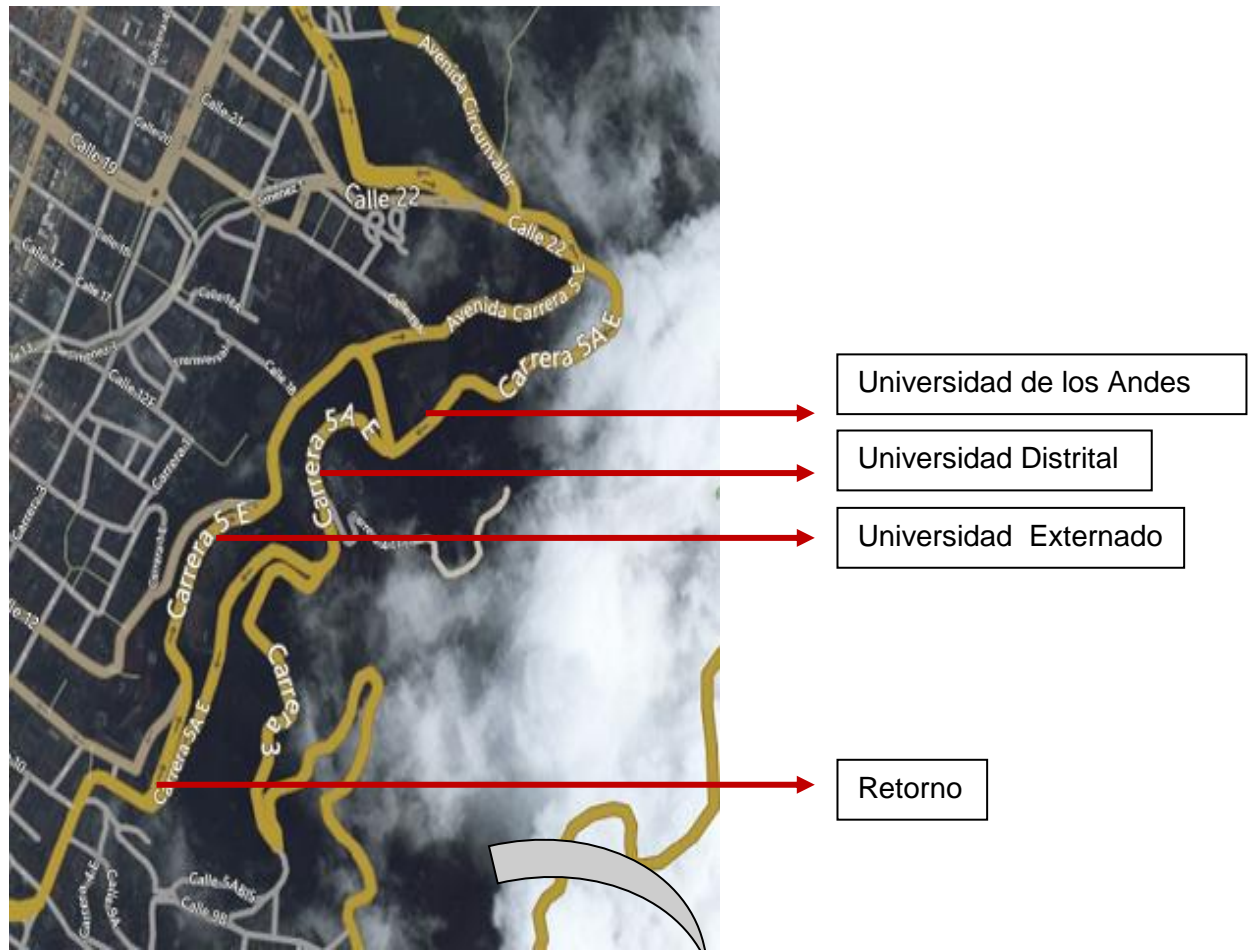
- La Candelaria es la localidad más pequeña del territorio distrital con una extensión de 183.89 hectáreas, ubicada en el sector centro – oriental de Bogotá, además destinada a la construcción de nivel urbano y metropolitano, y no cuenta con zonas de tipo rural.
- De acuerdo al Instituto Distrital de Patrimonio Cultural, en el centro histórico existen un total de 2364 predios, de los cuales 54 están declarado como bienes de interés cultural de Orden Nacional, en los que reúne: el Barrio Belén, Egipto, Las Aguas y Santa Bárbara.
- Santa Fe está ubicada al norte con la localidad de Chapinero, al sur con la localidad de San Cristóbal y Antonio Nariño, al oriente con el municipio de Choachi y al occidente con las localidades de Teusaquillo, Mártires. Presenta un área total de 4.487,74 hectáreas, dentro de las cuales presenta construcción en áreas urbanas y áreas rurales.

Figura 12. Ubicación Geográfica



Fuente: Imagen tomada de Epii Info 7.

Figura 13. Ubicación de los reductores de velocidad implementados en la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22



Fuente: Imagen tomada de Epii Info 7. Adapta



**Todos los reductores de velocidad implementados y estudiados en el presente estudio, son bandas sonorizadoras.

6. METODOLOGÍA

6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, puesto que, se hará una recolección de información y datos, medición numérica y un análisis estadístico sobre la Av. Circunvalar en el tramo comprendido entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el Barrio Egipto (calle 10)., identificando principalmente el estado actual de la vía, en la cual permite determinar la efectividad de los reductores de velocidad actuales, el análisis del diseño geométrico del tramo en estudio y las condiciones existente de la seguridad vial que lo compone.

6.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se va a implementar en la presente investigación es evaluativa, ya que se identificara una serie de variables para tener una valoración o estimación estableciendo el comportamiento y/o conducta de los usuarios frente a los elementos existentes como lo son los reductores de velocidad determinando a su vez su efectividad, y la ineficiencia de estos por la falta de aplicabilidad o su mala implementación en cuanto el tipo de elemento, dimensionamiento geométrico, o su mala ubicación.

6.3 DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

- Velocidad: se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo²⁹.

²⁹ GOMEZ ULLUA, Juan David & MANRQUE MAPE, Diego Alexander. Estudio de velocidades de operación en rutas no semaforizadas. Bogotá D.C., 2014, 133 h. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería.

- Velocidad de Punto: es la velocidad del vehículo a su paso por un determinado punto de carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea³⁰
- Índice de accidentalidad: Magnitud utilizada para medir o comparar los resultados efectivamente obtenidos, en la ejecución de un proyecto, programa o actividad

$$(5) \quad \mathbf{IAT} = \frac{\mathbf{No.Total\ de\ Accidentes*10^8}}{\mathbf{TPD*365*N\ de\ km*N.de\ años}}$$

IAT: Índice de accidentalidad.

No: Total de accidentes: Relación de accidentes totales (víctimas y daños materiales) en los últimos años (3 a 5 años).

TPD: Trafico promedio diario.

No. De Km: Corresponde a la longitud dl tramo en estudio.

- Volumen peatonal: Es a demanda de personas que circula durante un intervalo de tiempo dado, en un trayecto delimitado.
- Volumen de transito: Es la demanda de vehiculas que circula durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición³¹.

$$(6) \quad \mathbf{Q} = \frac{\mathbf{N.\ número\ total\ de\ vehiculos\ que\ pasan}}{\mathbf{T.periodo\ determinado}}$$

- Señalización: es una acción que se refiere a un objeto, una actividad o situación determinada que proporciona³²: Una indicación, una obligación, una advertencia, una prohibición.

³⁰ CAL.MAYOR, R y CÁRDENAS, J. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. 8° ed. Ciudad de México, México: Omega, 2007, p15

³¹ Ibid. Pág. 17

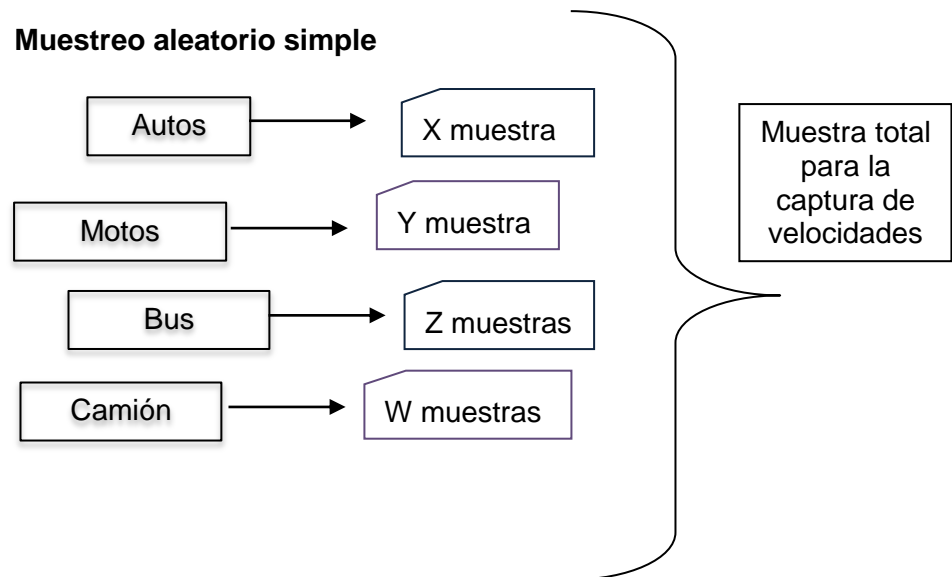
6.4 POBLACIÓN

La población afectada en este estudio son todos los vehículos motorizados que circulen en donde se encuentra cada reductor de velocidad ubicado en la Avenida Circunvalar entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el barrio Egipto (calle 10).

6.5 MUESTRA

Se seleccionara una muestra representativa de vehículos para tomar sus respectivas velocidades antes, durante y después de los dispositivos de control de velocidad evaluados en la Avenida Circunvalar entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el Barrio Egipto (calle 10). Igualmente, se tiene en cuenta un muestreo aleatorio simple, en la cual se recogerá una cantidad determinada de acuerdo al TPD, sin importar el tipo del vehículo.

Figura 14. Muestreo aleatorio simple



Fuente propia.

³² GOMEZ ULLUA, Juan David & MANRQUE MAPE, Diego Alexander. Estudio de velocidades de operación en rutas no semaforizadas. Bogotá D.C., 2014, 133 h. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería.

6.6 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

6.6.1 Fase I: Recolección de Información.

Esta fase tiene como finalidad, describir las condiciones geométricas de la vía, los elementos que la componen como son los reductores de velocidad existentes, evaluando su eficiencia en el punto de su aplicabilidad, la determinación de los puntos críticos de accidentalidad causados por la velocidad en donde se expone con mayor grado de vulnerabilidad a los medios no motorizados comprendida en la Av. Circunvalar en el tramo comprendido entre el acceso a Monserrate (Calle 22) y el Barrio Egipto (calle 10).

En esta fase se realizara los pasos siguientes:

1. Consultar la normatividad vigente de las condiciones geométricas tanto de la vía como de los reductores de velocidad.
2. A partir de la tesis generada por Juan David Gómez y Diego Alexander Manrique³³, realizada en el 2014 en ausencia de los reductores de velocidad, comparar las velocidades actuales con la de esa época.
3. Definir el índice de accidentalidad por exceso de velocidad en la zona estudio, teniendo en cuenta los reportes, estadísticas de accidentalidad generados por la secretaria de movilidad, y asimismo, comparar la reducción de accidentalidad del año 2014 y la actual, permitiendo conocer la efectividad de los actuales reductores de velocidad.
4. Ejecución de aforos, para conocer la composición vehicular del tramo en estudio.
5. Evaluar el diseño geométrico de la vía en estudio, para determinar el cumplimiento de los requerimientos de velocidad de diseño de los vehículos.

³³BOGOTÁ RIVEROS, Monica Guiovana & DEGADO CASTRO, Adriana del Pilar. Modelo alternativo de reductor de velocidad. Bogotá D.C., 2011. 308 h. trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad La Salle de Colombia. Facultad de Ingeniería.

6. Determinar la velocidad de los vehículos en los puntos de implementación de los reductores de velocidad, en la cual consiste en marca viales, el cual establece una distancia conocida que a partir de cronómetros miden el tiempo del vehículo que tarda por pasar por estas líneas³⁴.
7. Tomar registro fotográfico y de video, para evidenciar la toma de medidas de campo y de velocidad.

6.6.2 Fase II. Procesamiento de información.

A partir de la información obtenida se llevara a cabo:

1. Analizar la velocidades obtenidas, con respecto a las velocidades de punto generadas por la tesis “Estudios de velocidades de operación en rutas no semaforizadas³⁵”
2. Determinación de los puntos críticos de accidentalidad generados por el exceso de velocidad o por la mala aplicabilidad o inexistencia del reductor de velocidad que compone la zona de estudio, en la cual expone en mayor grado de vulnerabilidad a los usuarios de los medios no motorizados.
3. Analizar el cumplimiento de la normatividad en cuanto, implementación ubicación y diseño geométrico de los reductores de velocidad en la zona de estudio.

6.6.3 Fase III. Análisis de Resultados.

En esta fase se busca:

1. Determinar la efectividad de los reductores de velocidad implementados en la zona de estudio.

³⁴ BOGOTÁ RIVEROS, Monica Guiovana & DEGADO CASTRO, Adriana del Pilar. Modelo alternativo de reductor de velocidad. Bogotá D.C., 2011. 308 h. trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad La Salle de Colombia. Facultad de Ingeniería.

³⁵ GOMEZ ULLUA, Juan David & MANRQUE MAPE, Diego Alexander. Estudio de velocidades de operación en rutas no semaforizadas. Bogotá D.C., 2014, 133 h. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería.

2. De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto a los reductores de velocidad, aplicar la normatividad vigente y dar recomendaciones para el mejoramiento de los dispositivos.
3. Proponer la implementación de reductores de velocidad, si el tramo de estudio lo requiere.

6.7 INSTRUMENTOS

6.7.1 Formato para Aforos de tiempo.

El formato de campo es un elemento elaborado con el fin de registrar la composición vehicular, de acuerdo a las características de los vehículos en un lapso de tiempo determinado. Para este caso, se debe realizar como mínimo durante tres (3) días, dos (2) de los cuales se realizaron en días típicos (Martes, Miércoles o Jueves) y un (1) día atípico (Viernes, Sábado, Domingo o Lunes).

6.7.2 Formato de Velocidades.

Es un formato cuyo fin es recolectar las velocidades de los vehículos (autos, motos, buses y camiones), de acuerdo a la cantidad representativa del estudio (muestreo representativo), esto es, a partir del TPD- Tránsito promedio diario, obtenido de la composición vehicular.

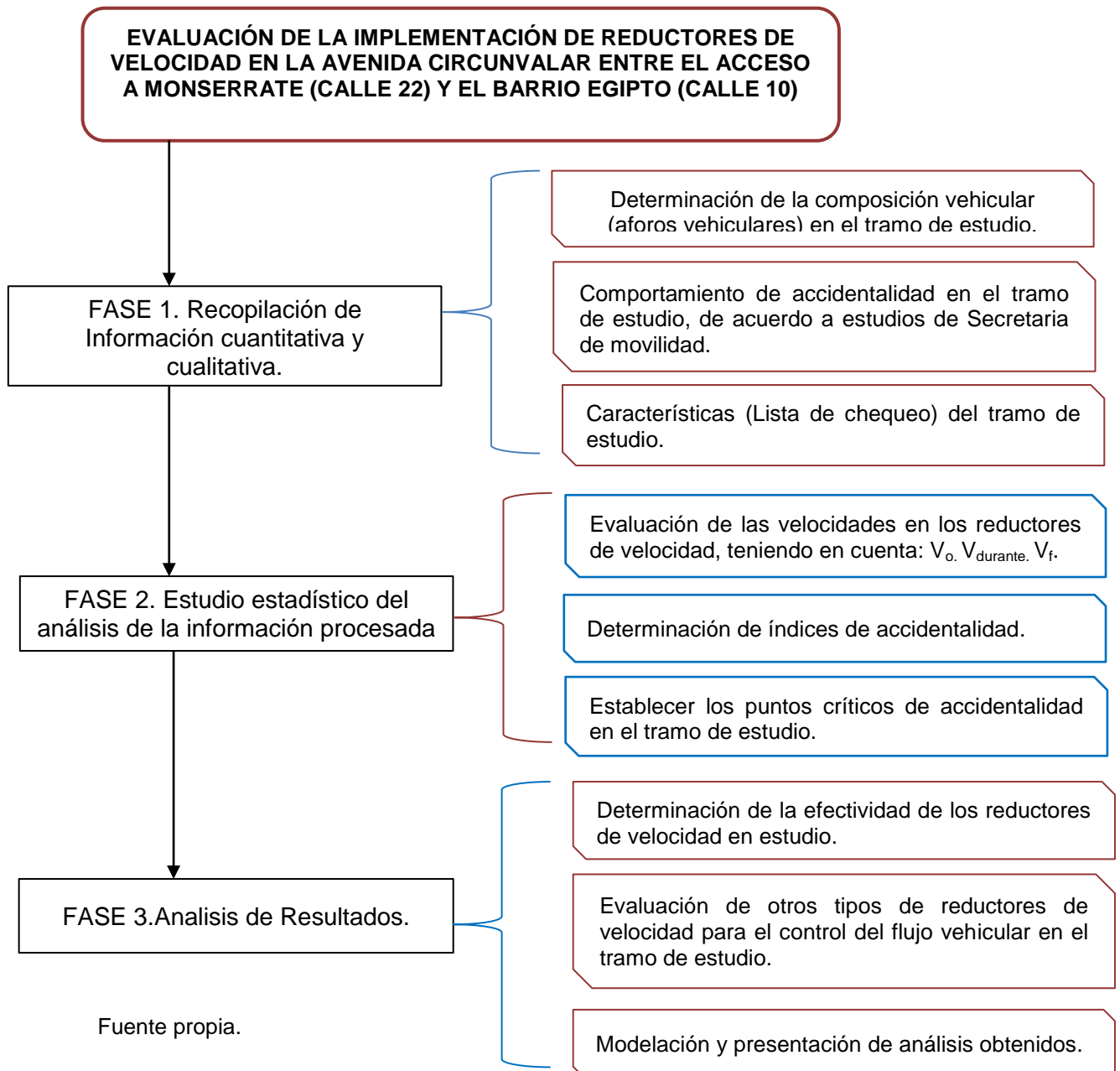
6.7.3 Lista de chequeo condiciones generales.

Es un formato cuyo propósito es la revisión de los elementos y las condiciones en las cuales se encuentran en campo, y así generar un diagnóstico a partir de una inspección sobre la infraestructura y elementos que permite la regulación las condiciones de circulación de los medios motorizados y no motorizados de la zona de estudio.

6.7.4 Programa de Modelación.

La modelación generada en el Software PTV Vissim 7, permitirá establecer los comportamientos ideales antes los reductores de velocidad implementados en campo. Con estos resultados se identificarán las falencias y ventajas de los elementos en estudio.

Figura 15. Metodología de estudio



7. RESULTADOS OBTENIDOS

7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES TRAMO DE ESTUDIO “AV. CIRCUNVALAR ENTRE CALLE 10 Y CALLE 22”

Se presenta las características generales que presenta el tramo de estudio “Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22”.

Cuadro 11. Dimensiones de la vía.

Descripción	Valores
Longitud del tramo de estudio	Norte- Sur= 2,18 km Sur- Norte=1.90 km
Ancho de calzada	8.00 metros - promedio
Ancho de carril	4.00 metros promedio
Ancho de berma promedio	No existente.
Pendiente longitudinal	Varía entre 2% y 9.79%

Fuente. Instituto de Desarrollo Urbano

Cuadro 12. Características y usos de la vía.

Descripción	Valores
Usos del suelo	Culturales.
Tipo de vía	Sub-urbana
Tipología de tránsito	Autos, motos, buses y camiones
Tipo de intersección (Reg.)	Intersecciones a nivel
Tipo de pavimento	Flexible
Velocidad de Diseño promedio	50 km/h
Sentido Vial	Norte- Sur: Unidireccional Sur- Norte: Unidireccional

Fuente. Instituto de Desarrollo Urbano.

7.2 COMPOSICIÓN VEHICULAR

El exceso de velocidad, es el factor más relevante que aumenta el problema de lesiones en la vía pública. A mayores velocidades, mayores distancias son requeridas para el frenado y a su vez, mayores son los riesgos que pueden generar accidentes entre vehículos o entre vehículos y peatones. Es por esto que, la reducción de velocidad que se genera en los vehículos motorizados es de gran importancia si se tiene una combinación de usuarios vulnerables en la vía pública, y más si, si existe un alto volumen de peatones y ciclistas.

Así pues, este estudio está encaminado en determinar la efectividad de los reductores de velocidad implementados a lo largo de la sección transversal del tramo, y así mismo, generar un concepto técnico que permita identificar y estudiar la metodología empleada en la instalación de estos dispositivos, de acuerdo, a las diferentes características que presenta el sector, la vía y los usuarios.

7.2.1 Aforos vehiculares.

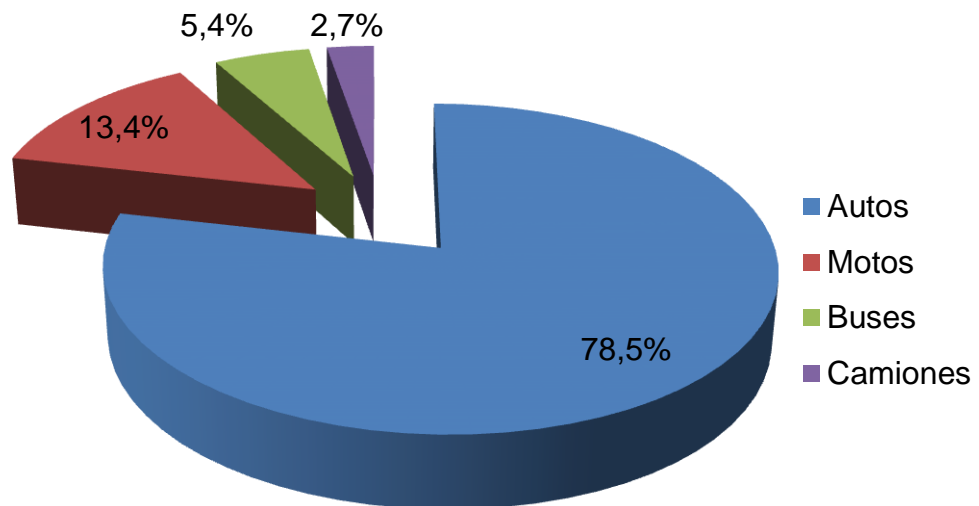
Los aforos vehiculares permitirán cuantificar los volúmenes diarios actuales, junto con las características y comportamientos del tránsito que circula por el tramo de estudio. Debido a la implementación de los reductores de velocidad, la toma de datos se generó en cada uno de los elementos pacificadores de tránsito, teniendo en cuenta el número de intersecciones que existen a lo largo del tramo de estudio. Además, con los aforos vehiculares se podrá determinar la muestra representativa para evaluar la velocidad de la composición vehicular al generar el paso sobre los reductores.

Se referencia cuatro puntos, de donde se extrajo la composición vehicular, teniendo en cuenta las intersecciones y la ubicación de los reductores de velocidad. Se tiene: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Retorno, Universidad Externado y Universidad de los Andes

7.2.1.1 Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Para los aforos tomados en este punto, se evidencia que el tránsito promedio diario (TPD) para tres días, durante 12 horas con condiciones climáticas cálidas, fue de 15.383 vehículos promedio diarios. En la Gráfica 1., se ilustra la composición vehicular correspondiente al promedio generado entre los 3 días evaluados.

Gráfica 1. Composición vehicular Universidad Distrital.



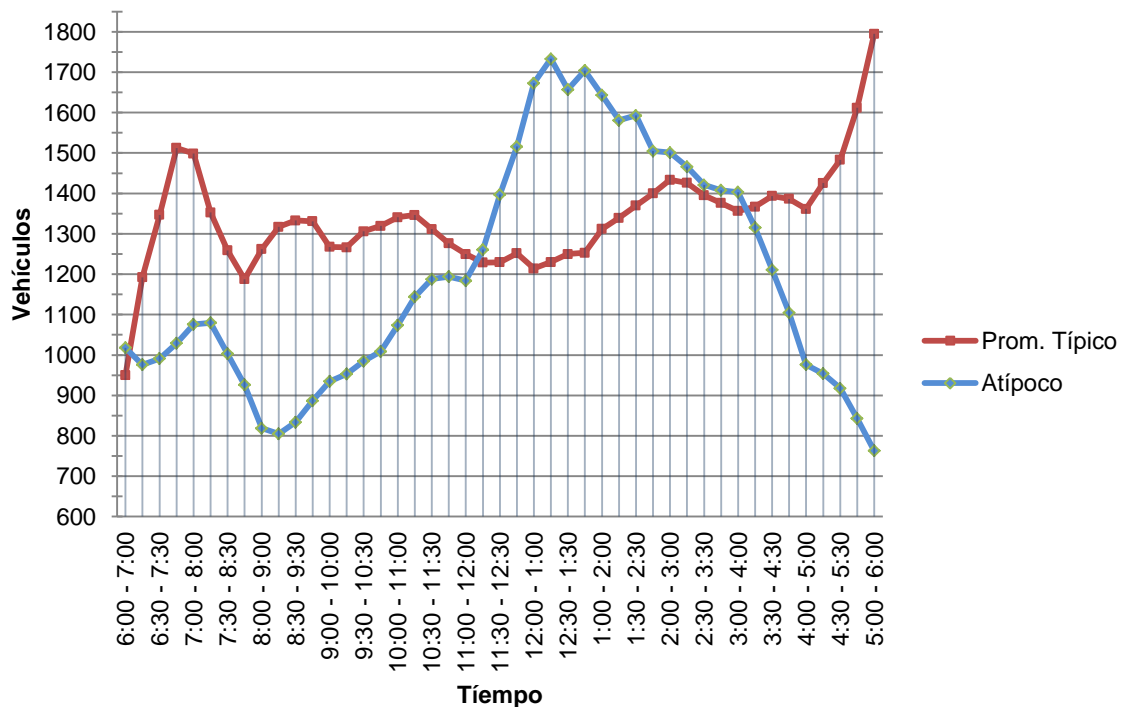
Fuente propia.

A partir de la Gráfica 1., muestra la representatividad de cada tipo de vehículo, derivado de los aforos realizados, la composición determina un alto grado de incidencia de tránsito de los automóviles con un 79%, a comparación de las motos con 13%, los buses con un 5% y los camiones un 3%. Las cifras anteriores, permiten identificar el medio de transporte que tiene mayor incidencia en el punto de control, lo cual permite determinar los grados de representatividad en el proceso de evaluación de velocidades para los vehículos evaluados.

Po el contrario, de la Gráfica 2., es posible identificar los comportamientos de los usuarios de la vía, a partir de los flujos volumétricos de los vehículos con respecto a los cambios de horario a lo largo del día. Identificando claramente los picos máximos y mínimos, para este caso, se tiene que alrededor de las 6:00 p.m. en los días promedios típicos se encuentra circulando alrededor de 1719 vehículos, frente a 763 vehículos o usuarios que transitan los días atípicos en la misma hora.

Asimismo, se observa que durante el día en este sector no hay variabilidad en el flujo vehicular, siendo relativamente constante en la circulación de los usuarios de la vía, para los días Típicos, caso contrario pasa con los días Atípicos, donde las horas picos se encuentran a medio día, más claramente en el horario 12:15 – 1:15.

Gráfica 2. Volúmenes horarios Universidad Distrital

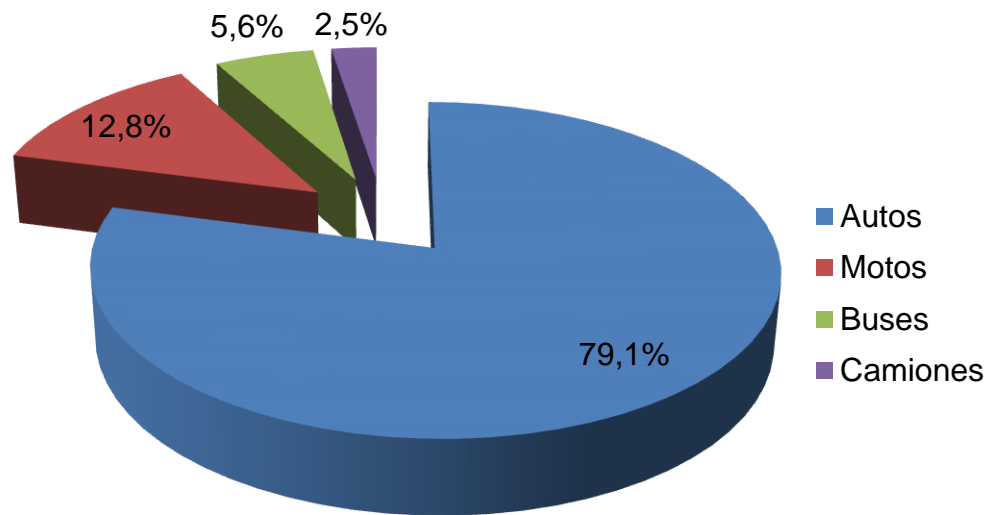


Fuente propia.

7.2.1.2 Retorno

Para los reductores de velocidad ubicados en el retorno, el TPD para los tres días, con condiciones nubladas y soleadas, 12 horas en la toma de datos, fue de 14.606 vehículos promedios diarios. La siguiente gráfica muestra la composición vehicular caracterizando este punto de control.

Gráfica 3. Composición Vehicular Retorno



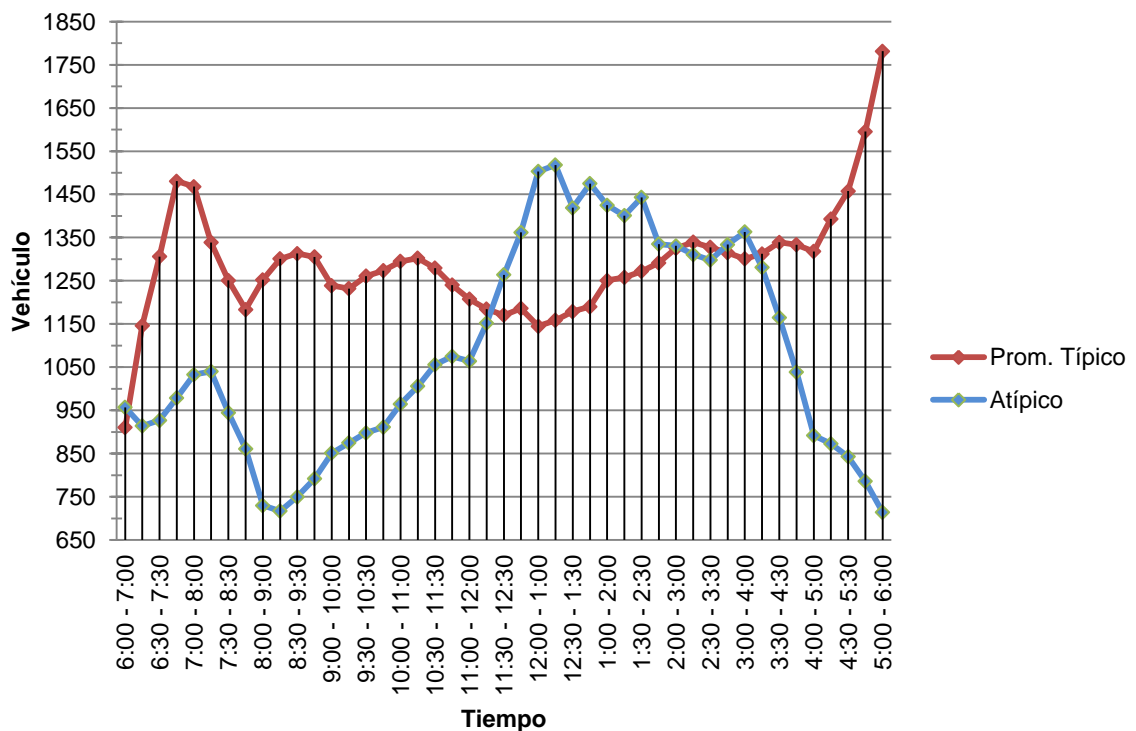
Fuente propia.

Con respecto a la Gráfica 3., se muestra un comportamiento similar al evidenciado en la Universidad Distrital, sin embargo, los cambios generados son causados en la continuidad de tramo por la intersección ubicada después del centro educativo (vía Choachí o Carrera 3, véase Figura 13. Ubicación de los reductores de velocidad, página 40), nos permite determinar los cambios característicos de los vehículos y la incidencia de la intersección. Además, se constata un dato representativo en la incidencia de automóviles con un 79%, seguido de las motos con un 13%, buses con 6% y por ultimo camiones con 2,5%.

Con relación a la Gráfica 4., se observa que no existen variaciones considerables de volúmenes vehiculares a lo largo de la fracción de los días Típicos, se puede identificar en las horas aproximadas a las nocturnas un aumento significativo en el número de vehículos que circula por este tramo, teniendo el pico más alto para días típicos de alrededor 1782 vehículos a las 6:00 p.m., y para días atípicos de 1518 vehículos a la 1:15 p.m.

Estos valores están asociados al flujo continuo que se presenta en el tramo de estudio, puesto que, la Av. Circunvarar se caracteriza por la conectividad, viajes de corta duración debido a la inexistencia de semáforos, y por supuesto por ser un tramo que contiene una mínima cantidad de intercesiones, teniendo en cuenta que, se puede lograr velocidades operacionales hasta de 130km/h.

Gráfica 4. Volúmenes horarios Retorno



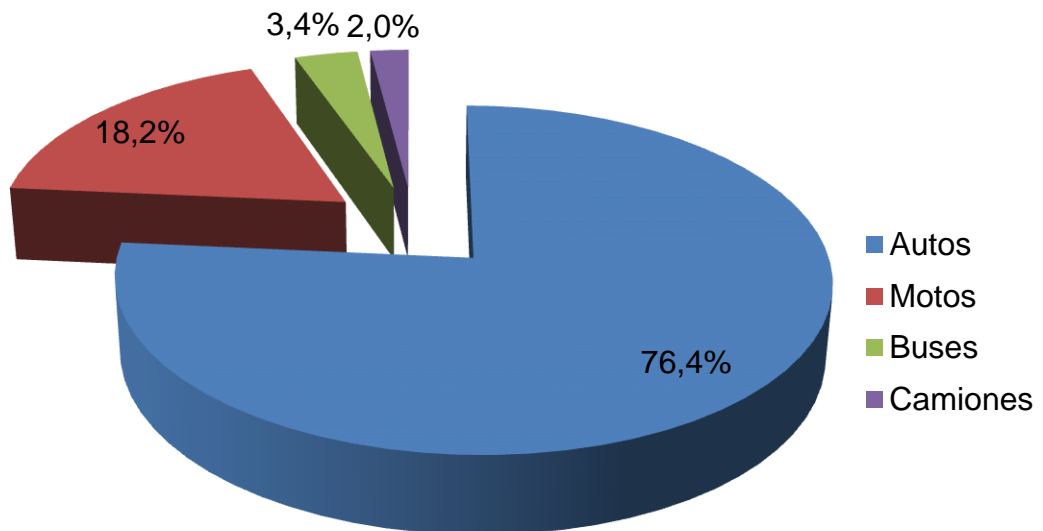
Fuente propia.

7.2.1.3 Universidad Externado de Colombia.

En cuanto a la Universidad Externado se determinó un TPD para los tres días, en condiciones climáticas soleadas y para 12 horas de 16.502 vehículos. A partir de los datos obtenidos, se evidencia la composición vehicular que comparte este punto de control, el cual se caracteriza por ser el único a lo largo del tramo en sentido sur-norte (véase Figura 13. Ubicación de los reductores de velocidad, página 40).

Para la Gráfica 5., se observa un comportamiento del uso del automóvil considerable a comparación de los otros medios de transporte que transitan por este punto de control, así pues, los autos cuentan con un 76%, seguido de las motos con un 18%, con un aumento considerable a comparación de los puntos anteriores, los buses con un 3% y por último los camiones con un 2%.

Gráfica 5. Composición vehicular Universidad Externado

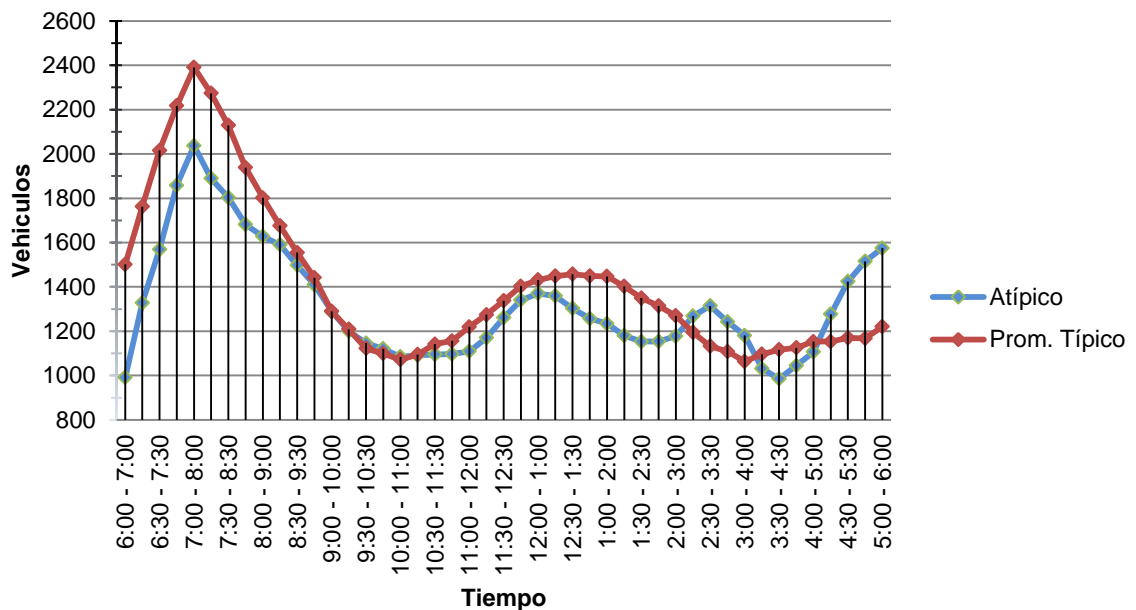


Fuente propia.

En la Gráfica 6., se demuestra las variaciones de los vehículos en las zonas horarias, mostrando que para días típicos y días atípicos su comportamiento es similar, únicamente variando la cantidad de vehículos, esto debido a cambios en el número de vehículos en los horarios de la mañana, para días Promedios típicos.

La principal factor que genera este comportamiento en estos lapsos del día, se deben a mejores condiciones del flujo, que en otros corredores aleñados no se presentan, al caracterizarse un sector no semaforizado, vehículos tienen la posibilidad de reducir sus tiempos de viajes, con el aumento de la velocidad del desplazamiento. Las condiciones de que la Avenida Circunvalar ofrece a los usuarios de sectores aledaños, posibilita una rápida y permanente conexión entre los sectores más lejanos de la ciudad, logrando generar una demanda considerable hacia el sector.

Gráfica 6. Volúmenes Horarios Universidad Externado



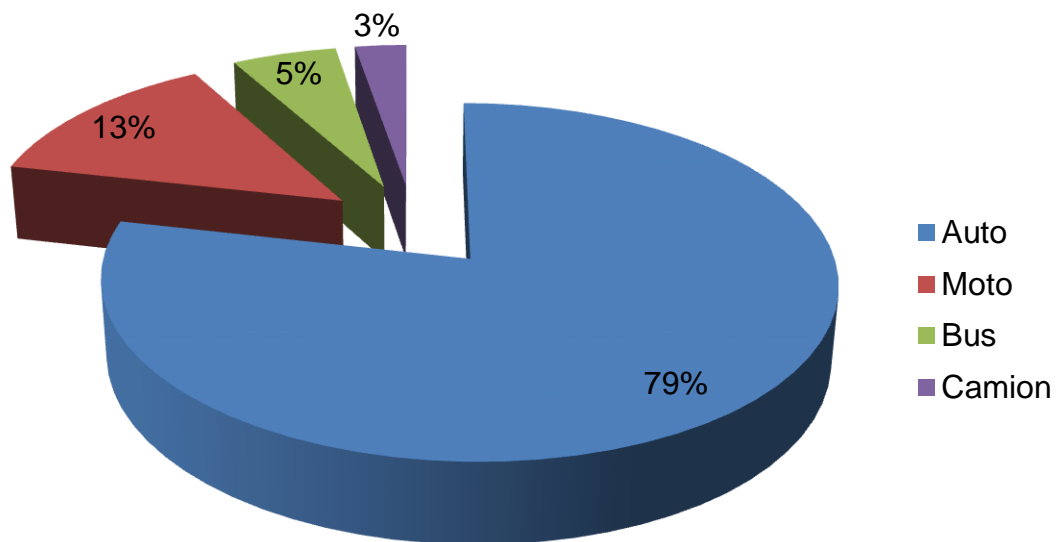
Fuente propia.

7.2.1.4 Universidad de los Andes

Para la Universidad de los Andes, se realizó el estudio de volúmenes vehiculares a lo largo de tres días, en condiciones climáticas soleadas y nubladas, se obtuvo un TPD promedio de 15.236 vehículos.

La Gráfica 7., muestra la composición vehicular obtenida de este punto, según la evaluación de los volúmenes vehiculares de los anteriores sectores, se continúa presentando alta incidencia en la composición vehicular correspondiente a Autos con un 79%, seguido de las motos con un 13%, luego buses y camiones cada uno con un 5% y 3% respectivamente.

Gráfica 7. Composición vehicular Universidad de los Andes

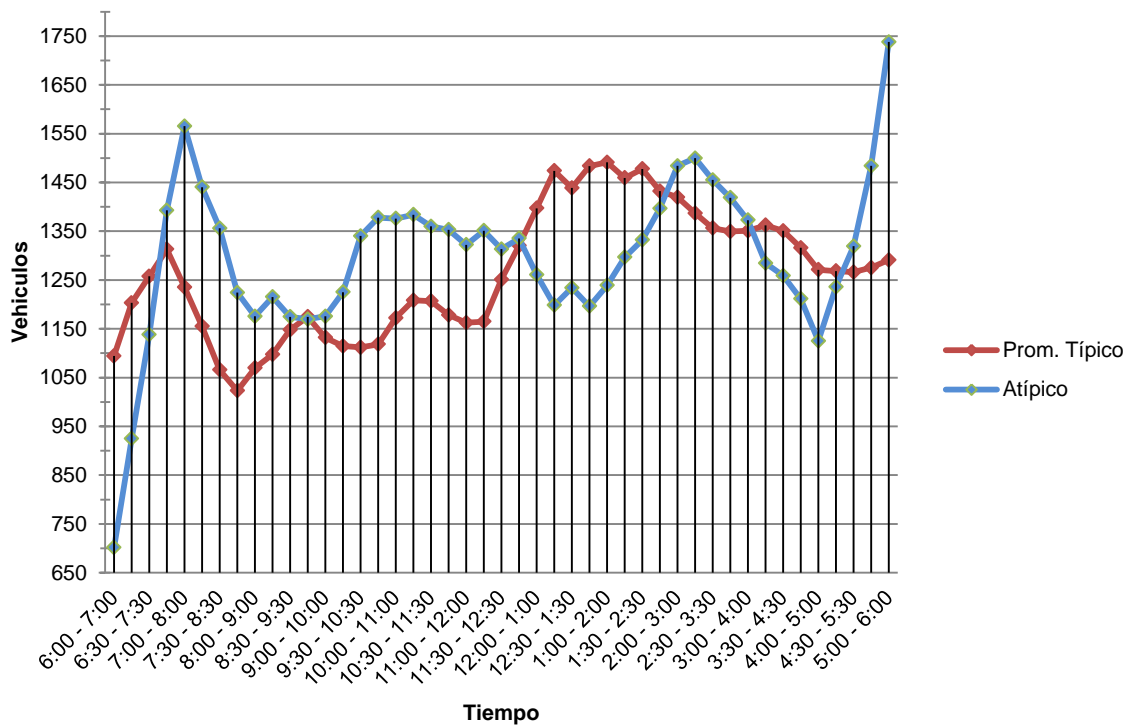


Fuente: Propia.

La Gráfica 8., identifica los comportamientos que se evidenciaron según la cantidad de vehículos que circulan dentro de los horarios registrados. Para el promedio de días típicos, se evidencian dos segmentos bien marcados que

permiten establecer mayores circulaciones de vehículos en la tarde, a comparación de las horas de la mañana. Por el contrario, los valores alcanzados por los días atípicos, presentan 4 picos de volúmenes máximos para una determinada línea de tiempo, en este caso se evidenciaron en la hora pico de las 8 y 11 am, y para el horario de tarde entre las 3 y luego de las 5:30 pm.

Gráfica 8. Volúmenes Horarios Universidad de los Andes



Fuente: propia.

Los volúmenes particulares de La Universidad de los Andes, junto con los de la Universidad Distrital y El retorno, no cambiarán significativamente su composición principalmente a que no se encontró una bifurcación que aporte o disminuya significativamente la cantidad de vehículos a lo largo del tramo con sentido Norte-Sur.

7.3 ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ZONA DE ESTUDIO “AV. CIRCUNVALAR ENTRE CALLE 10 Y CALLE 22”

En primera instancia, se ubicó los reductores de velocidad en el tramo de estudio según su orden:

- Sentido Norte – Sur: cerca de la Universidad de los Andes, cerca de la Universidad Distrital e Instituto Alexander Von Humboldt, y el retorno Carrera 5ª por Carrera 5.
- Sentido Sur – Norte: cerca de la Universidad Externado.

Asimismo se muestra en las figuras la cantidad y distancia de los cuales se compone los reductores de velocidad de tránsito, que para este caso en su totalidad son bandas sonorizadoras. Igualmente se indicó los elementos geométricos de cada una de las curvas que hace parte del presente estudio, y finalmente se comparó las medidas de calzada con sus respectivas velocidades de operación.

7.3.1 Ubicación de los reductores de velocidad.

Figura 16. Bandas sonorizadoras cerca de la Universidad de los Andes



Fuente propia.

Los reductores de velocidad ubicados en este punto, se encuentran en el sentido Norte – Sur, en el k0+879,64. Son bandas sonorizadas con una distancia entre cada una de ellas de 3,4 metros, en las que además se encuentra cercana a la Universidad de los Andes.

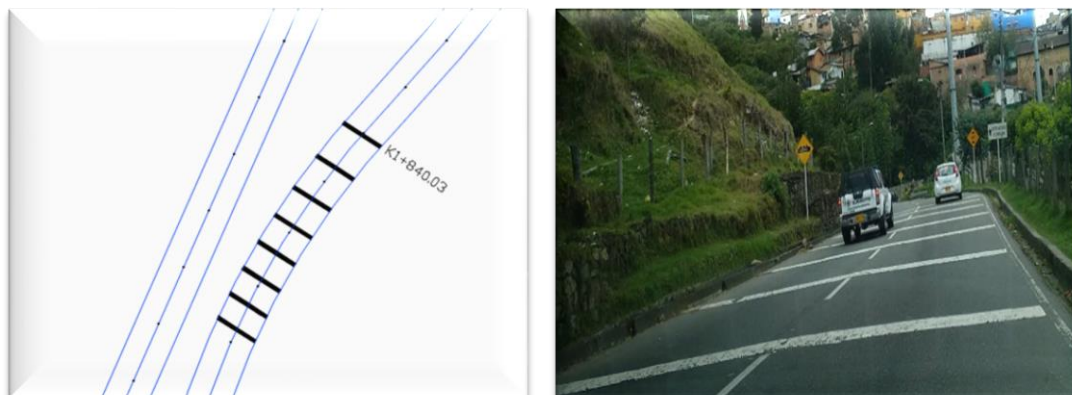
Figura 17. Bandas sonorizadoras cerca de la Universidad Distrital e Instituto Alexander Von Humboldt



Fuente propia.

Asimismo para este punto, los reductores de velocidad son bandas sonorizadoras, ubicadas en el sentido Norte- Sur, a 62 metros atrás de la Universidad Distrital, su distancia entre cada una de ellas 4,35 metros, en el K1+142,3

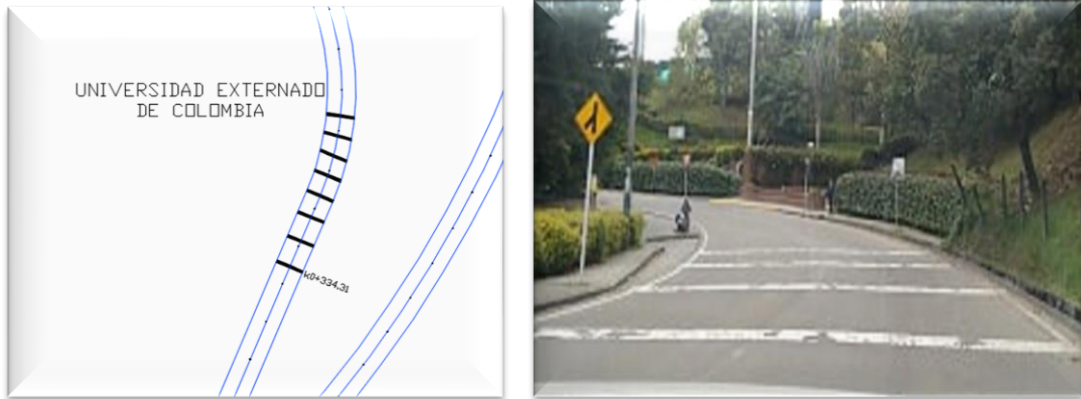
Figura 18. Bandas sonorizadoras ubicadas entre la Carrera 5A y Carrera 5



Fuente propia.

Para este caso, los reductores de velocidad al igual que los anteriores, son bandas sonorizadoras, en el sentido Norte- Sur, en la que se encuentra antes de un retorno sobre la Carrera 5ª. Su ubicación es el K1+840.03. La distancia entre ellas oscila cada 4,2 metros.

Figura 19. Bandas sonorizadoras cerca de la Universidad Externado de Colombia



Fuente propia.

Los reductores de velocidad ubicados en este punto, son los únicos que esta presentes en el sentido Sur- Norte de la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 22 y Calle 10, en la que además se encuentra enseguida de la Universidad Externado de Colombia, su distancia comprende entre ellas alrededor de 3,5 metros, en el K0+334,31.

7.3.2 Ancho de calzada.

De acuerdo con la información de la Secretaria Distrital de Movilidad el tramo de estudio “Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22”, tiene un ancho de calzada de 8.0 metros promedio, con velocidades de diseño entre 30 y 50 km/h.

Sin embargo, el manual de diseño de carreteras tiene contemplado para carretera secundaria, de tipo ondulado y velocidades de diseño de 50 km/h con anchos de calzada de 7.00 metros, mostrándose un resultado satisfactorio, puesto que cumple con las dimensiones adecuadas con respecto a las velocidades de diseño, como las velocidades operacionales, que para este tramo se manejan velocidades reales de 120 km/h. A pesar de ello, se reitera la inexistencia de berma en el tramo de estudio (Véase el cuadro 13. Ancho de calzado según la normatividad).

Cuadro 13. Ancho de calzada según la normatividad

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual geométrico de carreteras.

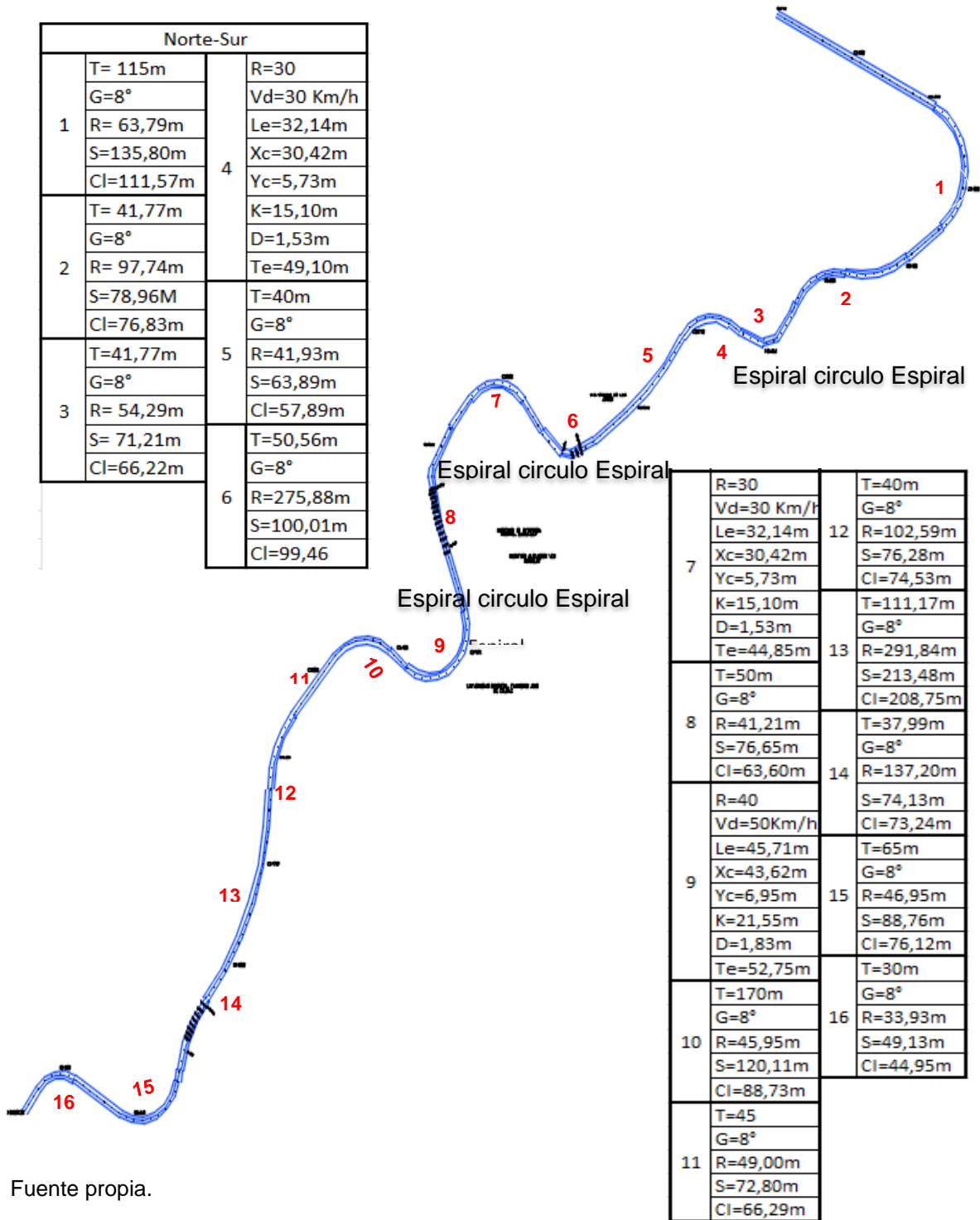
7.3.3 Elementos geométricos de la vía.

De acuerdo con la Figura 20., y, Figura 21, se muestra la geometría de ambos sentidos (Norte- Sur y Sur- Norte) de la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22 respectivamente, en la cual se detalla los elementos de curvas, como son: la tangente (T), radio (R), cuerda larga (CL), el grado de curvatura (G). Asimismo, identificando el tipo de curva (espiral círculo, espiral, espiral o curvas circulares simples).

Para el sentido Norte-Sur, las curvas Espiral Círculo Espiral son: 4, 7 y 9. Y las demás son curvas circulares

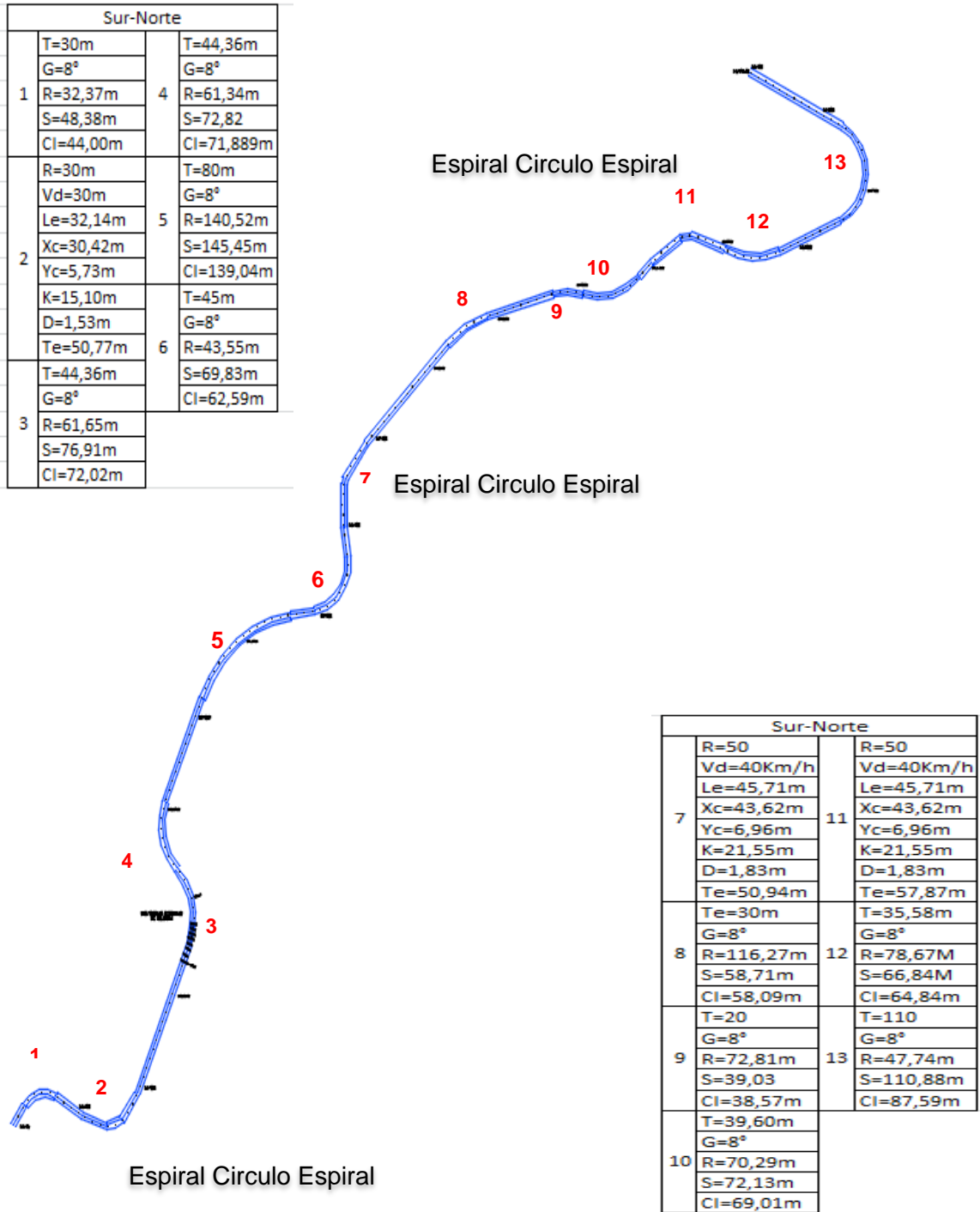
Asimismo, para el caso del sentido Sur – Norte, las curvas Espiral Círculo Espiral son: 2, 5 y 11. Las demás corresponden a curvas Circulares.

Figura 20. Av. Circunvariar entre acceso Calle 10 y Calle 22- Sentido Norte – Sur



Fuente propia.

Figura 21. Av. Circunvarlar entre acceso Calle 10 y Calle 22 – Sentido Sur – Norte



Fuente propia.

7.4 INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD

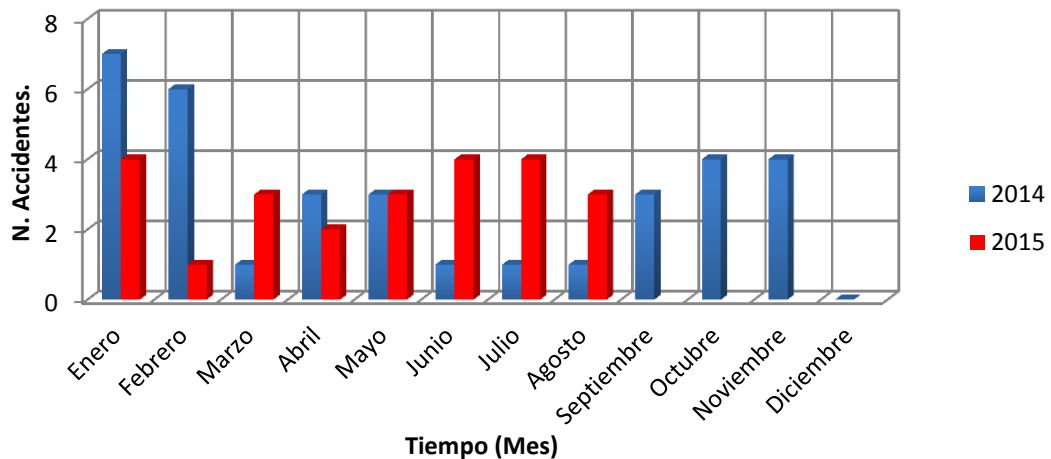
7.4.1 Estadística obtenidos en la Secretaria Distrital de Movilidad para la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22”.

A partir de los datos generados por la Secretaria Distrital de Movilidad, se genera las siguientes gráficas: número de accidentes, las clases de accidentes ocurridos, la gravedad y el número de lesionados.

En primer lugar, la cantidad de accidentes ocurridos en el transcurso de los años 2014 y 2015 hasta el mes de agosto, se evidencia que:

- Para el año 2014 ocurrieron 34 accidentes en total, en la cual su incidencia fue mayor para el mes de Enero, Febrero, Octubre y Noviembre.
- Por el contrario, en el año 2015 hasta el mes de agosto, se lleva 24 accidentes, evidenciando un incremento de accidentalidad para este tramo de estudio.
- Asimismo, la incidencia de mayor accidentalidad para el año 2015 hasta el mes de agosto, es en Enero, Junio y Julio.

Gráfica 9. Número de accidentes de tránsito Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22 para los años 2014 y 2015

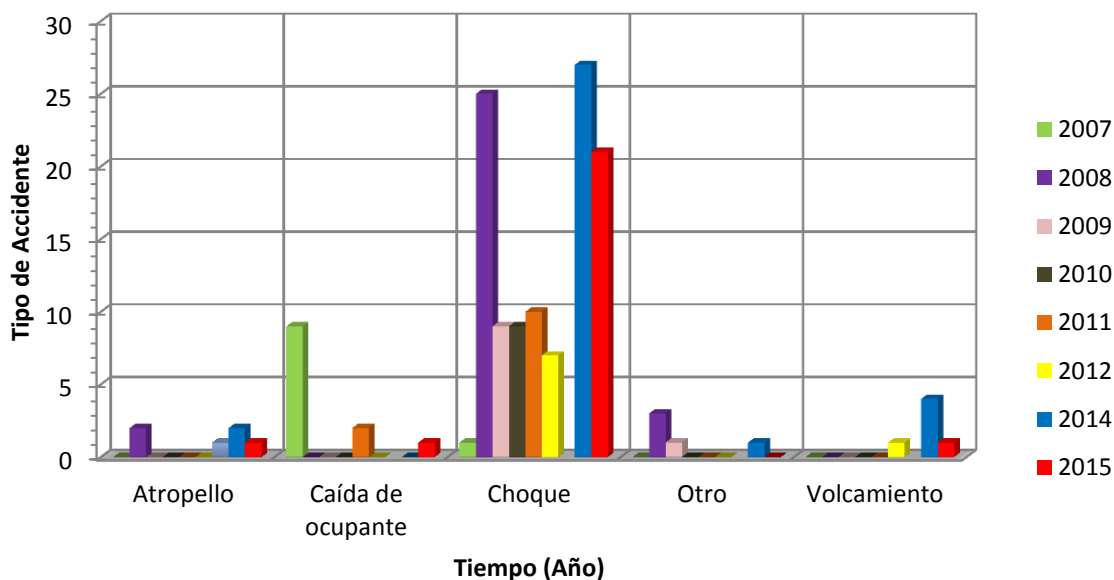


Fuente Datos suministrado por Secretaria Distrital de Movilidad.
Elaboración de gráfica. Autores.

Por otro lado, las clases o tipos de accidentes generados en la vía de estudio, demuestra:

- La mayor cantidad de accidentes generados en la vía de estudio son producidos por choques, teniéndose cifras de más de 25 choques para el año 2014, y que para el año 2015 hasta el mes de agosto, se contempla 20 accidentes mostrándose incremento de la accidentalidad después de atravesar 6 años que paulatinamente permanecía con valores bajos y constantes (se hace hincapié en un aumento de accidentalidad del años 2014 a 2015, puesto que el actual estudio es realizado en el año 2015 hacia mediados del mes de octubre).
- Además, las cifras demuestran valores mínimos pero alarmantes de accidentes ocurridos por volcamientos y caída de ocupante, lo cual implica un exceso de velocidad en el tramo de estudio.

Gráfica 10. Clases de accidentes viales ocasionado en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22

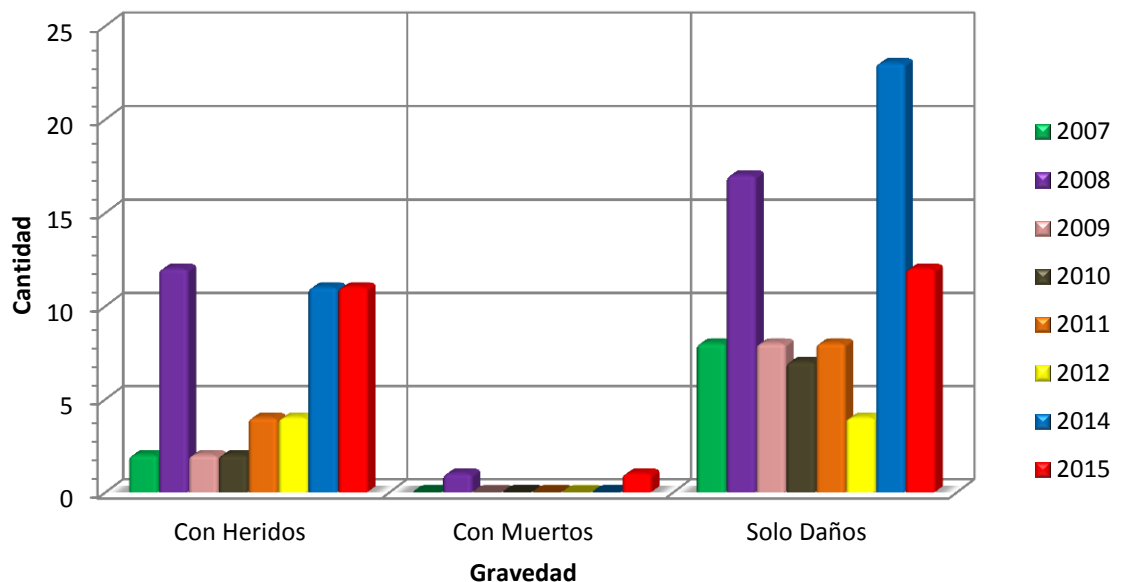


Fuente Datos suministrado por Secretaria Distrital de Movilidad.
Elaboración de gráfica. Autores.

De la misma manera, la gravedad de los accidentes en el tramo de estudio “Av. Circunvalar entre la Calle 10 y Calle 22”, se evidencia:

- Se tiene valores altos en gravedades de solo daños materiales, que para el año 2014 fue muy dramático con un cifra de 23 vehículos (autos, motos, camiones y buses).
- Asimismo, se obtiene valores de aproximadamente 10 heridos para el año 2014 y para el transcurso del año 2015, una vez más demostrando que a comparación de los años anteriores se percata un incremento del número de accidentes y a su vez su gravedad, lo que implica el empeoramiento de la seguridad vial de la zona de estudio.

Gráfica 11. Tipo de gravedad de accidentes de tránsito en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22

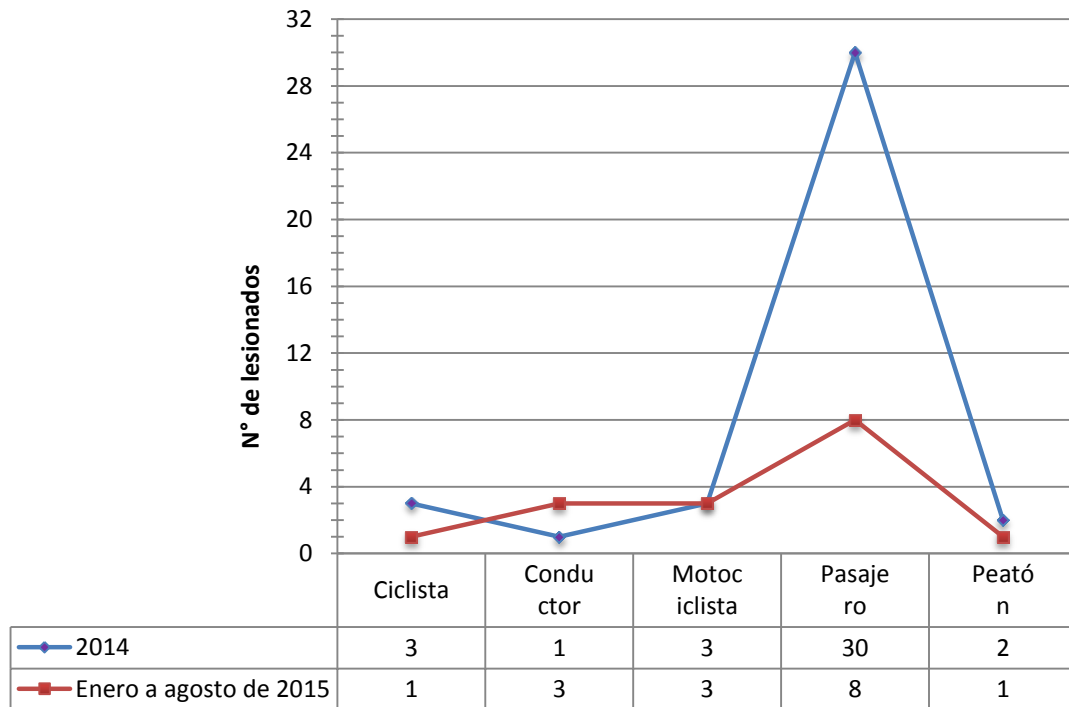


Fuente Datos suministrado por Secretaria Distrital de Movilidad.
Elaboración de gráfica. Autores.

Finalmente, se constata que los usuarios de la vía más vulnerados con relación a las lesiones ocasionadas en la zona de estudio son los peatones y pasajeros. Lo

que genera el interrogante del factor causante de la ocurrencia de pasajeros lesionados, puesto que, en el año 2014 se presentaron 30 pasajeros lesionados según Secretaria Distrital de Movilidad.

Gráfica 12. Número de lesionado en la Av. Circunvalar en la Calle 10 y Calle 22



Fuente Datos suministrado por Secretaria Distrital de Movilidad.
Elaboración de gráfica. Autores.

7.4.2 Índices de accidentalidad del tramo de estudio “Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22”.

A partir de los datos obtenidos de la Secretaria Distrital de Movilidad se analizó los índices básicos de accidentalidad; Índice por peligrosidad para accidentes totales (Ipat), Índice por peligrosidad para accidentes con víctimas (Ipav) e Índice de Severidad (Is).

7.4.2.1 Índice por peligrosidad para accidentes totales.

$$(7) \quad \text{Ipat} = \frac{\text{Nat} \cdot 10^6}{\text{TPD} \cdot 365 \cdot L} = \frac{\text{Accidentes}}{\text{veh-km}}$$

En donde:

Ipat: Índice por peligrosidad para accidentes totales.

Nat: Número de accidentes totales en un año.

TPD: Tránsito promedio diario (vehículos).

L: longitud del tramo (kilómetros).

Cuadro 14. Índice por peligrosidad para accidentes totales en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22

Año/Parámetros	Nat	TPD	L (km)	Ipat
2007	10	15468,18	4,05866	0,43640
2008	30			1,30920
2009	10			0,43640
2010	4			0,17456
2011	12			0,52368
2012	8			0,34912
2014	34			1,48376
2015	24			1,04736

Fuente propia.

* Para el TPD (Tránsito promedio diario), se efectuó a partir del promedio de los TPD's anteriormente expresados para el cálculo de la muestra representativa.

Posteriormente, con los índices de peligrosidad para accidentes totales obtenidos desde el año 2007 hasta el año 2015 hasta el mes de agosto, se compara el grado de accidentalidad. Datos obtenidos del Cuadro 13. *Siniestralidad por accidentes de Tránsito*, en la cual describe el grado de accidentalidad en: muy bajo, bajo, media, alto y muy alto de acuerdo al valor del índice.

A partir de esta referencia, se muestra que para los años 2008 y 2014 se obtuvo un grado de accidentalidad *alto*, y, para el año 2015 hasta el mes de agosto su

grado de accidentalidad es *medio*. Mostrándose para los dos últimos años un alto grado de incidencia de peligrosidad en la zona de estudio.

Cuadro 15. Siniestralidad por Accidentes de Tránsito. Gravedad de accidentalidad

Índice	Límite	Grado de accidentalidad
Índice de accidentalidad (IPAT)	0,01	Muy Bajo
	0,32	Bajo
	0,61	Media
	1,23	Alto
	2,44	Muy Alto

Fuente: Tomado y adaptado. HINOJOSA, Raquel y JIMENEZ, Pedro. Siniestralidad por accidentes de Tránsito. p.299.

7.4.2.2 Índice por peligrosidad para accidentes con víctimas.

$$(8) \quad \text{Ipav} = \frac{\text{Nav} \cdot 10^6}{\text{TPD} \cdot 365 \cdot L} = \frac{\text{Accidentes}}{\text{veh-km}}$$

En donde:

Ipav Índice por peligrosidad para accidentes totales.

Nav: Número de accidentes con víctimas.

TPD: Tránsito promedio diario (vehículos).

L: longitud del tramo (kilómetros).

Cuadro 16. Índice de peligrosidad para accidente con víctimas en la Av. Circunvarlar entre Calle 10 y Calle 22

Año/Parámetros	Nav	TPD	L (km)	Ipav
2007	2	15468,18	4,05866	0,08728
2008	13			0,56732
2009	2			0,08728
2010	2			0,08728
2011	4			0,17456
2012	4			0,17456
2014	11			0,48004
2015	12			0,52368

Fuente propia.

7.4.2.3 Índice de Severidad (Is).

$$(9) \text{ Is} = \frac{(M*18)+(H*2)*(S*1)*10^6}{\text{TPD}*365*L} = \frac{\text{Accidentes}}{\text{veh-km}}$$

En donde:

- Is Índice de severidad.
- M: número de accidentes con muertos.
- H: número de accidentes con heridos.
- S: número de daños a propiedades.
- TPD: Tránsito promedio diario (vehículos).
- L: longitud del tramo (kilómetros).

Cuadro 17. Índice de severidad en la Av. Circunvalar entre Calle 10 y Calle 22

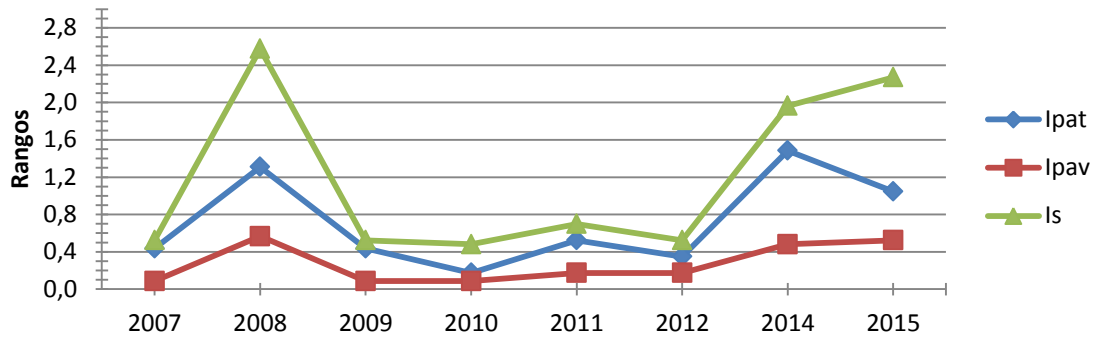
Año/Parámetros	Muertes	Heridos	Daños Propiedades	TPD	L (km)	Is
2007	0	2	8	15468,18	4,05866	0,5237
2008	1	12	17			2,5748
2009	0	2	8			0,5237
2010	0	2	7			0,4800
2011	0	4	8			0,6982
2012	0	4	4			0,5237
2014	0	11	23			1,9638
2015	1	11	12			2,2693

Fuente propia.

Para los índices de peligrosidad con accidentes con víctimas, se evidencia que para los años 2008, 2014 y 2015, su grado de accidentalidad es *medio* de acuerdo con el Cuadro 15. De la misma manera se comporta en el índice de severidad, obteniendo datos dramáticos con el grado de accidentalidad de *Muy Alto* para el año 2015 y 2008, mostrando una vez más el incremento de accidentalidad ocasionados por los últimos dos años, en el cual se estima la implementación de los reductores de velocidad.

En la Gráfica 13., se muestra los índices básicos de accidentalidad, corroborando que para los años 2008, 2014 y 2015 son los de mayor grado de accidentalidad.

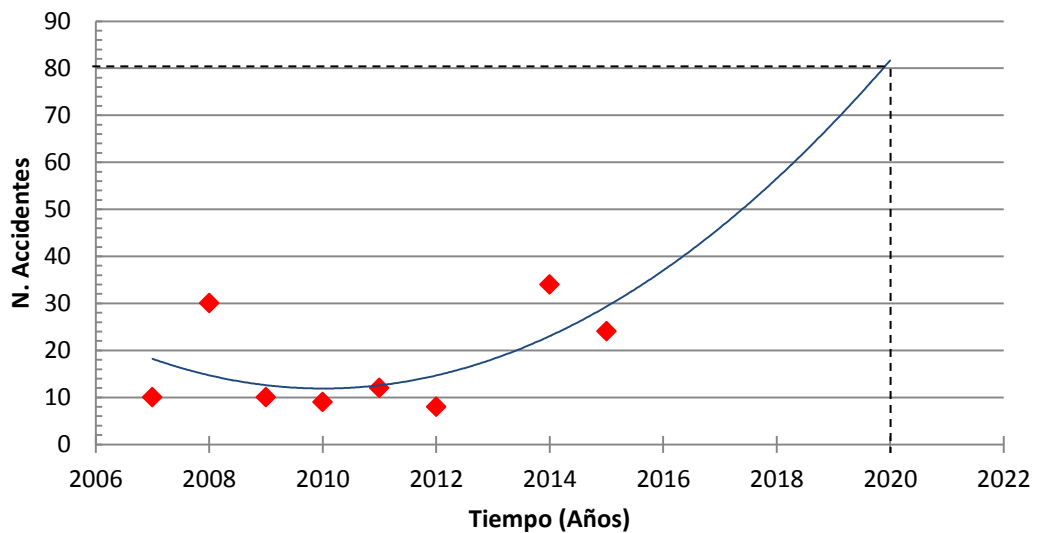
Gráfica 13. Indicadores de accidentalidad en la Av. Circunvalar entre la Calle 10 y Calle22



Fuente propia.

Para la Gráfica 14., se proyectó el número de accidentes que puede generarse para el año 2020, teniendo en cuenta los últimos ocho años. Se evidencio un incremento alarmante de por lo menos 46 accidentes por encima del dato más alto registrado años atrás, que puede derivarse de la poca efectividad de los dispositivos reductores de velocidad implementados en el año 2014.

Gráfica 14. Estimación de accidentes para el año 2020 en la Av. Circunvalar entre la Calle 10 y Calle22



Fuente propia.

7.4.3 Determinación de puntos críticos de accidentalidad

La determinación de puntos críticos de accidentalidad vial es de suma importancia en un estudio de seguridad vial, porque permite establecer aquellas concentraciones que se ven afectadas por factores ya sea geométricos, que son concebidas desde su diseño e implementación. Además que genera un comportamiento estandarizado de la incidencia de la circulación y condición del tránsito, el cual permite generar medidas correctivas encaminando a los actores de la vía en forma equilibrada, tanto el conductor como el peatón.

Asimismo, para este estudio es esencial determinar adecuadamente los puntos críticos de accidentalidad vial en la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y el acceso Calle 22, puesto que, argumentaría la implementación de los reductores de velocidad, o solamente identificaría su mala ubicación y una obsoleta medida correctiva ante la incidencia de accidentalidad.

7.4.3.1 Metodología.

La metodología que se adopta para la determinación de los puntos críticos de accidentalidad, es de acuerdo al modelo desarrollado hacia los años 80 por la Universidad Nacional de la Facultad de Ingeniería, el cual consiste en 3 etapas. En primer lugar, proporciona identificación de los puntos o sectores críticos de la zona de estudio, en segunda instancia determina las causas de la incidencia de accidentalidad y, finalmente, genera una serie de alternativas o propuestas de solución.

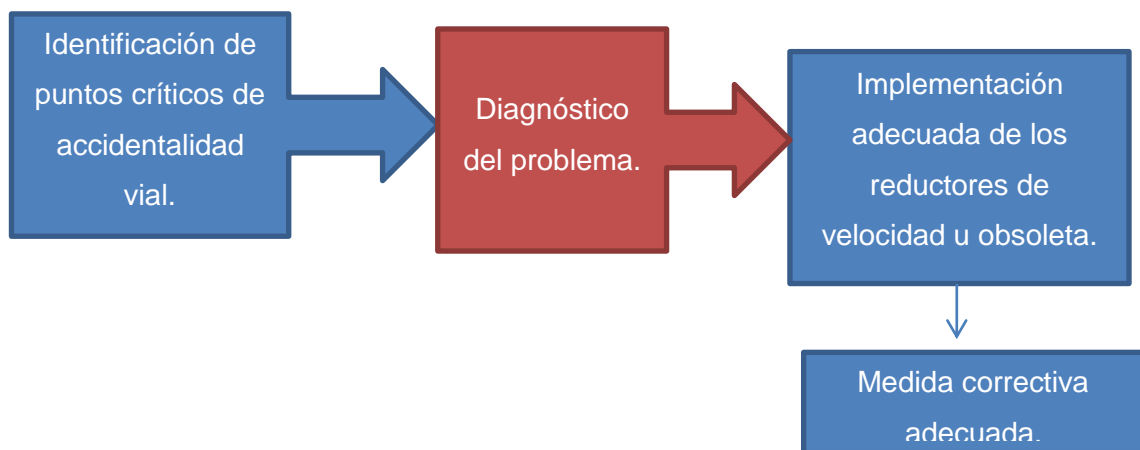
Teniendo en cuenta lo anterior, para este estudio será tenido en cuenta tan solo dos etapas:

- Determinación de los sectores o puntos críticos de la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y acceso Calle 22, en ambos sentidos.

- Determinación de la causa más probable de la incidencia de accidentalidad.

No se tendrá en cuenta la etapa número 3, porque el presente estudio está encaminado en la evaluación de la implementación de los reductores de velocidad (Véase el ítem de recomendaciones).

Figura 22. Etapas de la determinación de puntos críticos de accidentalidad



Fuente propia.

Se debe tener en cuenta que para el desarrollo del siguiente ítem se cuenta con muy poca información de la Secretaría de Movilidad, con respecto al tramo de estudio.

Etapa 1. Determinación de los sectores o puntos críticos de la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y acceso Calle 22, en ambos sentidos.

Para la determinación de sectores o puntos críticos, se realiza a través de la evaluación de una serie de elementos o factores de la vía, como son:

- Intersecciones críticas: que son lugares con movimientos conflictivos entre vehículo -vehículo y, vehículo – peatón (véase diagrama de choques), en la

cual se evalúa primordialmente la infraestructura del entorno de la intersección y características de las víctimas que se presentan.

- **Problemática de la curvas:** es uno de los elementos críticos en carreteras en cuanto a la siniestralidad, debido a que un exceso de velocidad puede resultar en colisiones frontales con consecuencias contra la integridad de las personas que están circulando a través de los vehículos. Por otro lado, las curvas tienen una gran deficiencia en cuanto a la visibilidad, es decir, una mala proyección de la creciente curvatura o velocidades excesivas es igual a un conductor con problemas en cuanto a la observación del desarrollo del trazado
- **Factores geométricos:** para este caso se debe tener en cuenta, lo que es el ancho de carril, el ancho de berma, la señalización tanto vertical como horizontal, la visibilidad, falta de reductores de velocidad o la sucesión de radios de giro grande y pequeño.
- **Ubicación de entidades o institutos de educación, de salud, comercio, entre otros:** este factor es importante evaluar porque consigo trae un flujo peatonal que debe ser funcional en la vía, y más aun contemplando una vía sub-urbana como la Av. Circunvalar que en esencia desarrolla velocidades mayores a 30 km/h.

Etapas 2. Determinación de la causa más probable de la incidencia de accidentalidad.

Para la determinación de la causa de la accidentalidad en cada uno de los puntos críticos de accidentalidad, es necesario trabajar con información estrictamente recogida de campo, en la cual se evaluará:

- **Velocidad:** es un factor predominante ya que influye de manera drástica la interacción vehículo- vehículo, vehículo – peatón. Por consiguiente, si se lleva un exceso de velocidad el conductor se ve en conflicto ante una emergencia por su retardo en la reacción, de la misma manera la velocidad en exceso

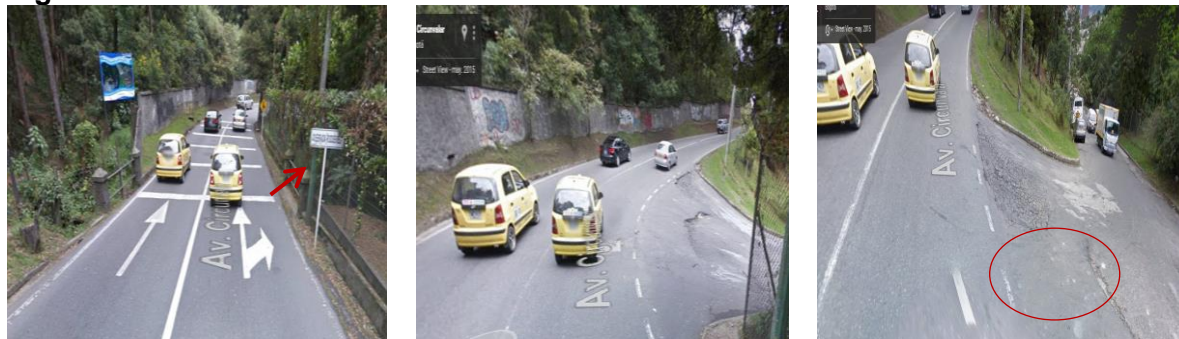
puede llegar a aumentar los riesgos de sufrir lesiones graves para cada uno de los pasajeros del vehículo o un incidente frente a un peatón.

- Señalización: nuevamente este factor se repite, a causa de que es el medio para comunicar, informar o prevenir a los actores de la vía las características generales de la carretera y su entorno.
- Análisis accidentalidad: a partir de datos estadísticos que se recogen durante cada año, se lleva un registro permitiendo establecer si ha aumentado o decrecido los accidentes de tránsito, en la cual además en algunos casos permite detallar o caracterizar los sucesos de los accidentes.

A continuación se muestra cada uno de los puntos críticos de accidentalidad, tenga en cuenta que su ubicación es de acuerdo a los factores anteriormente mencionados, la disponibilidad de datos de accidentalidad de la Secretaría de Movilidad para este sector es bastante deficiente, lo cual no refleja con detalle los lugares de mayor incidencia de accidentalidad y mucho menos el día, hora, mes y del porqué del accidente.

- INTERSECCIÓN CRÍTICA UBICADA EN LA AV. CIRCUNVALAR CON CALLE 16

Figura 23. Av. Circunvalar Calle 16- Cerca de la Universidad de los Andes



Fuente propia y Google Maps.

La primera intersección (Ver Figura 23.), se encuentra a lo largo del tramo de estudio es en la Av. Circunvalar con Calle 16, cerca de la Universidad de los Andes. Es una intersección que cuenta con una buena señalización horizontal, en

la cual prevé a los conductores de la existencia de un giro hacia la derecha, asimismo se encuentra una señalización vertical preventiva e informativa, sin embargo estas señales se encuentran muy cercanas a la intersección poco perceptibles por los arbustos presentes en su ubicación.

Ahora bien, este punto tiene unas deficiencias las cuales es el estado del pavimento presenta condiciones de pérdida de las capas de la estructura–descascaramiento y baches³⁶, debido a la desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares, generando el aumento del área de afectación. Asimismo, su conflicto parte de que es una intersección a desnivel, en la cual los vehículos que entran en la vía principal se ven afectados por las altas velocidades de los automóviles que llevan la vía. Añadiendo que debe esforzar el auto para lograr subir la pendiente que se encuentra después de la intersección.

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD

- INTERSECCIÓN CRÍTICA VÍA A CHOACHI

Figura 24. Avenida Circunvalar con Calle 12



Fuente propia y Google maps

Para este caso la intersección que va dirigida hacia Choachi, tiene una adecuada señalización tanto vertical como horizontal, aunque los vehículos que circulan a

³⁶ ESTUDIO E INVESTIACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA SOBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERIAS. Manual para la Inspección visual de pavimentos flexibles. Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de vías.

mano derecha de la vía se ven en conflictos porque no existe una referencia o una señal que le indique la intersección hacia Fomeque o Choachi, y más grave es el asunto cuando su velocidad es mayor a los 50km/h. Asimismo, otro de los puntos a resaltar, es el paradero de buses que van hacia Choachi, pues su ascenso y descenso es un conflicto en la vía, perturbando la libre circulación de los vehículos mientras ejecutan maniobras para tomar el desvío. Observaciones en campo, muestra que además los conductores al tomar la curva pierde el control del vehículo por su exceso de velocidad, y porque la curva cuenta con un radio de curvatura de 50 metros.

- RETORNO QUE COMUNICA AMBOS SENTIDOS DE LA AVENIDA CIRCUNVALAR.- Carrera 5.}

Figura 25. Av. Circunvalar Carrera 5

Fuente: Google maps.



Fuente propia.

Aunque este retorno no se muestre como un punto crítico, es bien cierto que en la vía se maneja velocidades altas alrededor de 80km/h (Véase Proyecto de Grado Estudios de Velocidades en la Avenida Circunvalar dirigida por Nancy Cifuentes), ya que, tiende a ser conflictivo por la reducción de las velocidades drásticas para tomar este desvío. En cuanto a las condiciones del pavimento se clasifica de acuerdo al Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles³⁷, como piel

³⁷ ESTUDIO E INVESTIACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA SOBRES DE LA RED NACIONAL DE CARRETERIAS. Manual para la Inspección visual de pavimentos flexibles. Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de vías.

de cocodrilo, que se compone de una serie de fisuras interconectadas, a causa de una serie de repeticiones de carga. Por otro lado, su señalización es pertinente, y su condiciones geométricas en cuanto al ancho berma es muy obsoleto.

- CONTIGUA A LA UNIVERSIDAD DISTRITAL JOSÉ DE CALDAS

Figura 26. Universidad Distrital de Colombia



Fuente: Propia.

Este punto es neurálgico puesto que es una de las intervenciones del flujo peatonal más expuesto sobre la vía. En donde, la parte de señalización preventiva, reglamentaria e informativa se encuentra en estado de deterioro, con falta de mantenimiento, en la cual no hay control de las velocidades operacionales de este punto, pues los reductores de velocidad (estoperoles) son casi inexistentes en la zona de estudio.

Las condiciones del pavimento, tiene una apariencia de envejecimiento, con presencia de huellas del tránsito, y posibles asentamientos longitudinales. Además, cabe destacar que para este punto hay una aglomeración de comercio, el cual se ve totalmente expuesto a cualquier incidente en la vía por falta de infraestructura peatonal.

- UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA

La Universidad Externado de Colombia es uno de los puntos críticos de accidentalidad para este estudio, porque al igual que la Universidad Distrital tiene conflicto en cuanto el control del flujo peatonal. Además de ello se encuentra una estación de buses causando repentinos colas estimando velocidades de 50 km/h. Ahora bien, se tiene una señalización reglamentaria de circular por 50km/h, siendo esto una incongruencia puesto que es una zona escolar.

Figura 27. Universidad Externado de Colombia



Fuente Google maps.

DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

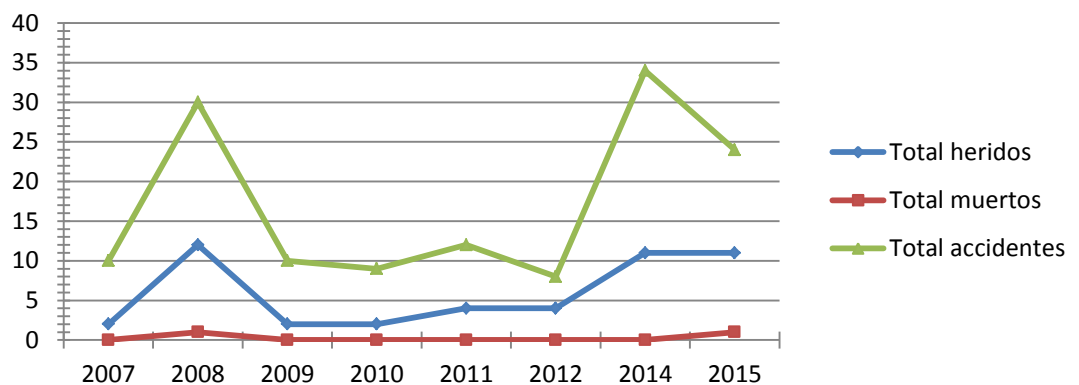
Para el diagnóstico del problema se tiene en cuenta los datos estadísticos de accidentalidad en la zona de estudio, los diagramas de choques que caracterizan el posible comportamiento de los usuarios en la vía.

- DATOS ESTADISTICOS

En cuanto a los datos estadísticos procesados por la accidentalidad de la Secretaria de Movilidad es de difícil conocimiento saber las causas de dichos accidentes, en la Grafica 15. muestra que el total de accidentes ha venido

incrementando en los últimos dos años, a su vez el total de heridos por año refleja un incremento. Asimismo, en la Gráfica 8., se evidencia que la mayoría de accidentes son provocados por choques y atropellos, sus causas pueden llegar a ser múltiples, ejemplo de ello el exceso de velocidad por pérdida del control del vehículo, tardía reacción para maniobrar el vehículo de acuerdo a la situación, conductas inadecuadas del conductor generando entrecruzamiento, entre otros.

Gráfica 15. Total accidentes en la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22



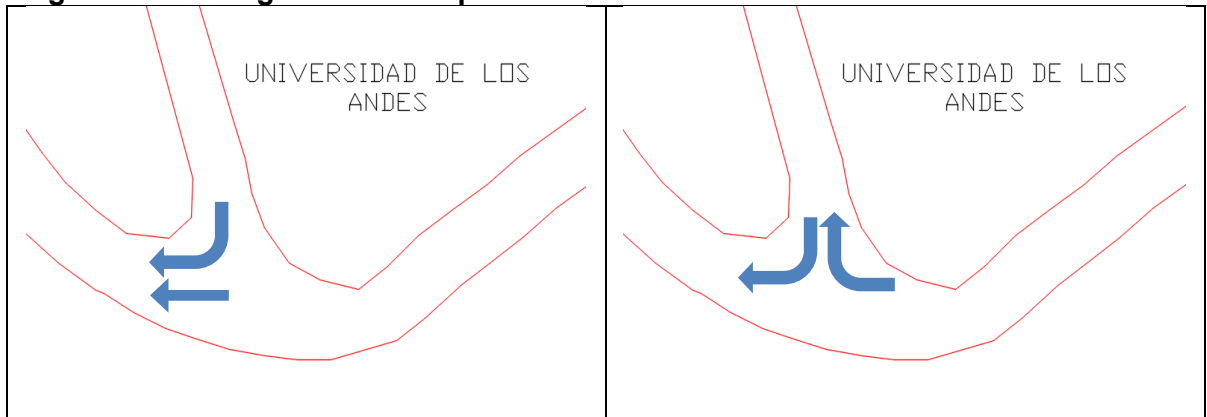
Fuente: Datos de la Secretaria de Movilidad

7.4.4 Diagrama de choques.

Los diagramas de choques son ilustraciones de los posibles accidentes que pueden llegar a generarse en los vehículos motorizados sobre un tramo de estudio. Se presenta a continuación los diagramas de choque en la Av. Circunvalar entre el acceso Calle 10 y Calle 22.

La Figura 28., identifica los posibles colisiones que se generan a causas de las rutas que escogen los usuarios al paso por este punto, debido a la poca visibilidad que tienen los conductores que viajan sobre la avenida circunvalar, aumentan los riesgos por colisión entre vehículos, y más si los vehículos que ingresan a la vía tienen en contra la pendiente para el acceso.

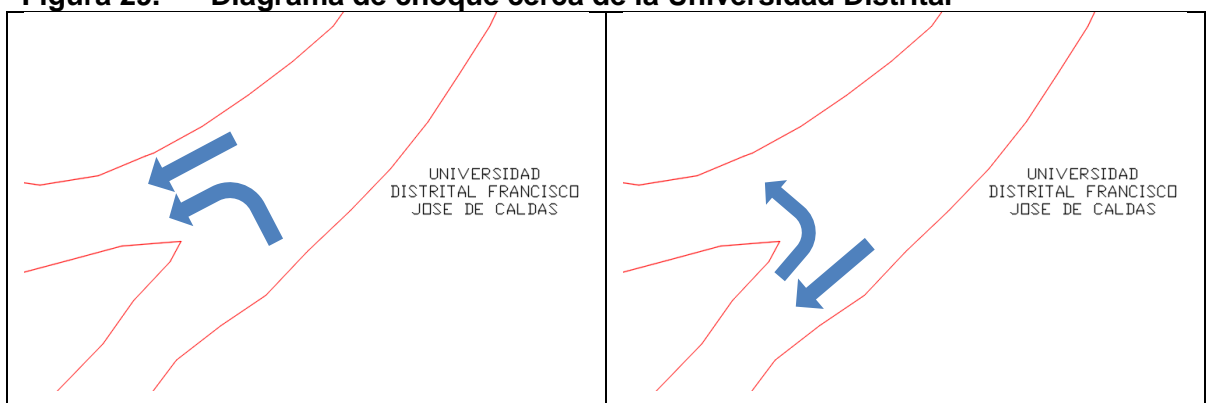
Figura 28. Diagrama de choque cerca de la Universidad de los Andes



Fuente propia.

De la misma manera, la Figura 29., permite evaluar el cruce que generan los conductores que entran y salen de la intersección que comunica a la Ciudad de Bogotá, con municipios como Choachi y Fomeque, el alto flujo de conductores que entran y salen por este acceso, incrementan los riesgos de accidente no solo para vehiculos motorizados, incluye además usuarios vulnerables, los cuales deben realizar el paso por la vía pública teniendo en cuenta los comportamientos de aquellos que entran, salen o continúan transitando por sobre la Avenida Circunvalar.

Figura 29. Diagrama de choque cerca de la Universidad Distrital

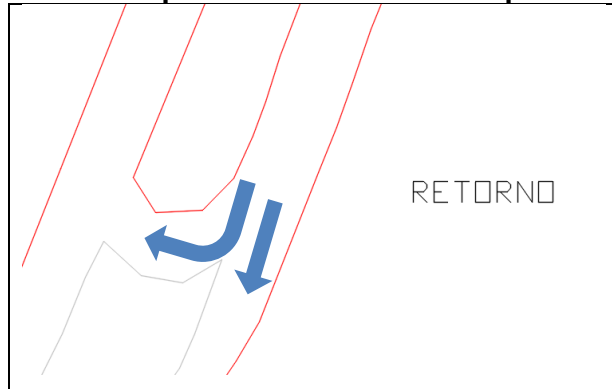


Fuente propia.

Para la Figura 30., se identifican los posibles choques que se pueden generar luego del paso por sobre el reductor de velocidad, este punto a comparación de

los anteriormente mencionados, está ligado a el paso que le puedan dar los vehículos que viajan hacia el otro sentido, de esta manera se pueden generar colas que no superan los 20 metros.

Figura 30. Diagrama de choque – Retorno Carrera 5ª por Carrera 5.



Fuente propia.

En cuanto el diagrama de choques generado cerca de la Universidad Externado, se vislumbra claramente que su incidencia de accidentalidad puede llegar a generarse por problemas de entrada y salida de la misma Institución, puesto que su acceso de entrada y salida es bastante angosta, siendo un acceso rígido, debido a que puede llegar a formarse cola de vehículos, asimismo, llega a producirse un conflicto de entrecruzamiento de los automóviles por el alto flujo de vehículos que circulan por esta zona,

Figura 31. Diagrama de choque cerca de la Universidad Externado.



Fuente: Propia.

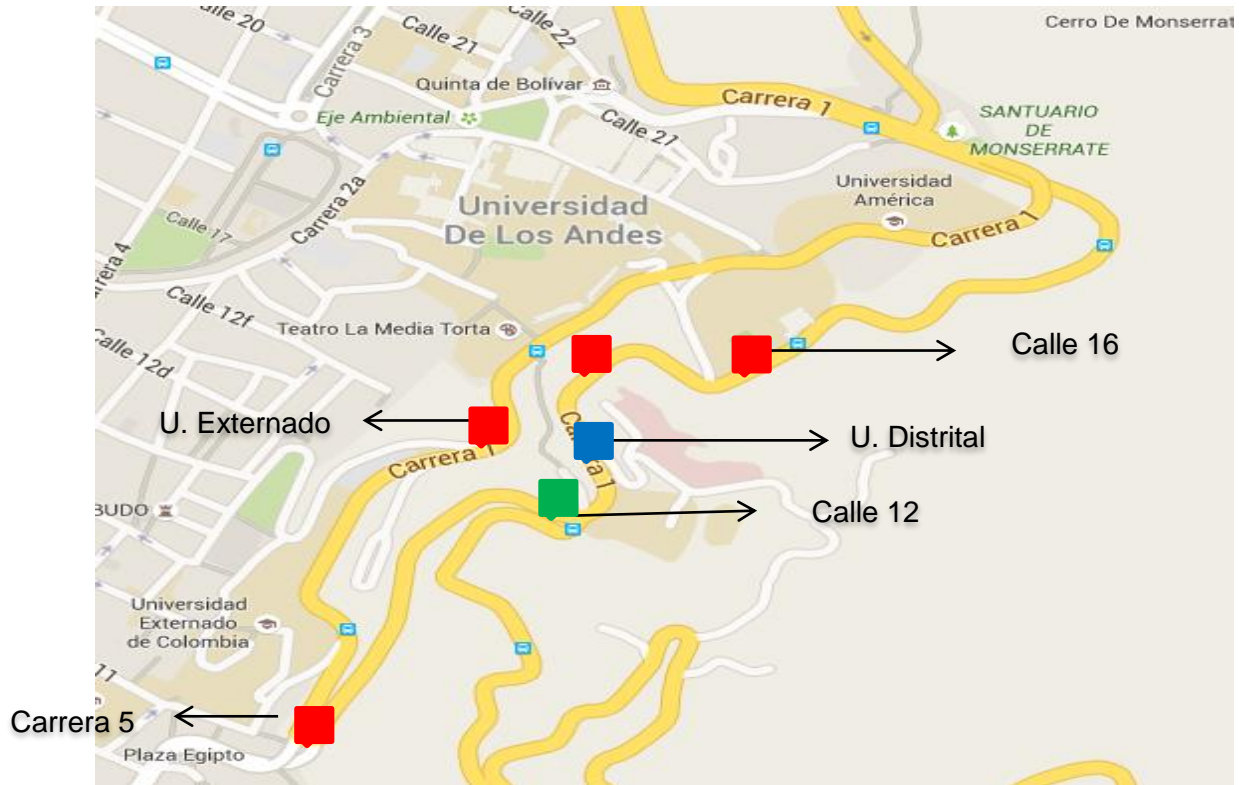
En consecuencia, el análisis debido al diagrama de choques generado identifico zonas características de posibles conflictos entre los usuarios motorizados del tramo de estudio. La implementación de los reductores de velocidad, permite identificar claramente aquellas zonas en las cuales existe un posible riesgo de choque y al mismo tiempo condiciones que generen peligros a los usuarios vulnerables que cruzan la vía pública.

- UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTES EN LA AVENIDADA CIRCUNVALAR ENTRE EL ACCESO CALLE 22 Y CALLE 10.

A continuación se presenta los puntos críticos de accidentalidad ubicados geográficamente, en las cuales se tuvo en cuenta, las intersecciones críticas, Institutos de Educación como la Universidad Externado o la Universidad Distrital, problemáticas en su condiciones del estado del pavimento o la carencia o mala ubicación de las señales de tránsito, ya sean verticales u horizontales. Ahora bien, para la jerarquización de los puntos críticos para este estudio tiende a ser subjetivo y por la observaciones en campo, es decir, por la falta de estadísticas de la Secretaria de Movilidad es de difícil criterio argumentativo.

Sin embargo, se conjetura que el punto más crítico para los vehículos es en la intersección de la Avenida Circunvalar con Calle 12 (Vía a Choachi- Fomeque), debido a que no existe un control de velocidad, la falta de visibilidad y carencia de señales de tránsito puede llegar a ocasionar colisiones, o bien sea volcamiento por exceso de velocidad. En cuanto el punto más crítico para los peatones es el queda frente a la Universidad Distrital, puesto que, el tránsito peatonal de esta zona no cuenta con infraestructura, y aún más crítico albergar una zona de comercio sobre la vía de estudio.

Figura 32. Puntos críticos de la Av. Circunvalar Calle 10 y Calle 22



INDICADORES	
■	Existencia de Reductores.
■	Falta de mantenimiento de los reductores de velocidad
■	Nuevo punto Crítico de

Fuente: Tomado y Adaptado Google maps.

Se determina que los puntos críticos de accidentalidad en la Avenida Circunvalar entre el acceso a Calle 22 y Calle 10, corresponden a las zonas en donde se implementaron los reductores de velocidad hacia el año 2014 (bandas sonoras). En la cual, se debe tomar medidas correctivas, en cuanto a la visibilidad de las

señales de tránsito tanto reglamentarias como informativas, pues observaciones en insitu se presenciaron conflictos en la vía por razones de ubicación de las instituciones educativas, centros de salud y dirigirse hacia la vía de Choachi-Fomeque. Asimismo, se requiere implementar una infraestructura peatonal, o desarrollar alternativas para el control del tránsito peatonal, puesto que los reductores de velocidad han sido obsoletos (Véase Evaluación de velocidades) en estos puntos.

7.5 EVALUACIÓN DE VELOCIDADES PUNTOS DE ESTUDIO

Metodología

Para evaluar la efectividad de los reductores de tránsito implementados en la zona de estudio, se requiere el análisis de velocidades de punto antes, durante y después del reductor de velocidad, e igualmente se hace análisis individual del reductor de velocidad según el tipo de vehículo (autos, motos, buses y camiones), y, a su vez se evalúa las velocidades con otros tipos de reductores de velocidad de tránsito, permitiendo un análisis retrospectivo.

FASE I. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1. Determinar las distancias antes, durante y después del reductor de velocidad.
2. En cada tramo (antes, durante y después), se establece una persona, en la que toma el tiempo en el cual circula el vehículo. Para mayor seguridad se recomienda el uso de videos

FASE II. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

1. Con el procesamiento de la información obtenida en campo, determine las velocidades antes, durante y después del reductor de velocidad.

2. A través de graficas comparar las velocidades antes, durante y después, con el fin de determinar su efectividad.
3. A partir de un software se ilustra el comportamiento real y el ideal en la zona de estudio.
4. Generar un diagrama en donde se exprese el porcentaje de probabilidad de lesión en un reductor de velocidad de acuerdo a la velocidad y el tipo de vehículo.

7.5.1 Reductores de velocidad de tránsito cerca de la Universidad Distrital.

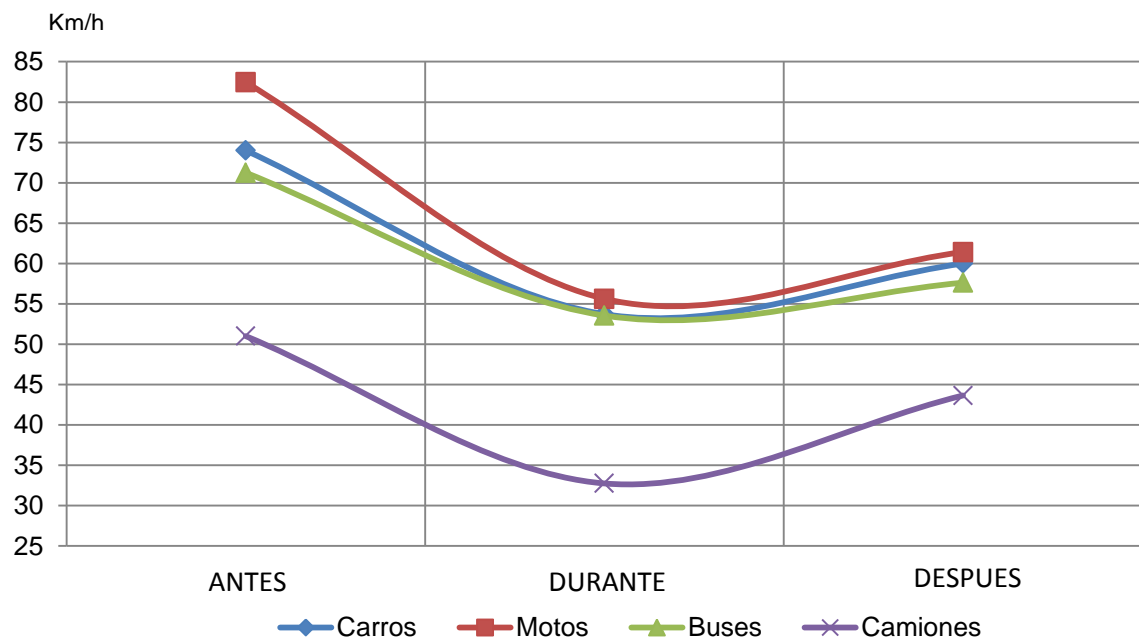
La toma de velocidades para este punto de control, se realizó separando el tramo de los reductores de velocidad, en segmentos llamados antes, durante y después, para antes de los reductores se tomaron los tiempos a lo largo de 15 metros, después de los reductores de velocidad se midió una distancia de 51,61 metros, esta distancia aumenta a comparación que la anterior, debido a que se determinó la incidencia de la pendiente en el comportamiento de la velocidad, en consideración con el paso peatonal generado por los estudiantes y se determinó el tiempo durante el reductor a lo largo de 62,65 metros, esta medida corresponde a la dimensión que tiene el reductor a lo largo.

Para la Gráfica 16., se evidencia el comportamiento de la composición vehicular de aquellos conductores que conducen bajo o en el percentil 85 de la velocidad, lo cual indica que los conductores eligen la calidad de viaje por medio de su habilidad y comportamiento. Este percentil no está determinado por los límites de velocidad derivados del diseño geométrico de la vía o por la reglamentación de velocidades limite en zonas escolares, hospitalarias o residenciales, debido a que los usuarios se permiten optar libremente por viajar a las velocidades que resulten más cómodas, generalmente por encima del límite de velocidad.

Así pues, las velocidades observadas en la Universidad Distrital (Véase la Gráfica 16.), permiten identificar cuáles son los usuarios que bajo las medidas correctivas

de velocidad, generan una reducción de velocidad considerable, de acuerdo a las necesidades de los usuarios tanto motorizados como vulnerables. Se evidencia que ninguna composición vehicular para este dispositivo genera reducciones reglamentarias tanto durante como después del dispositivo, debido a que las velocidades permitidas para zonas escolares son de 30 km/h.

Gráfica 16. Velocidades percentil 85 – Universidad Distrital

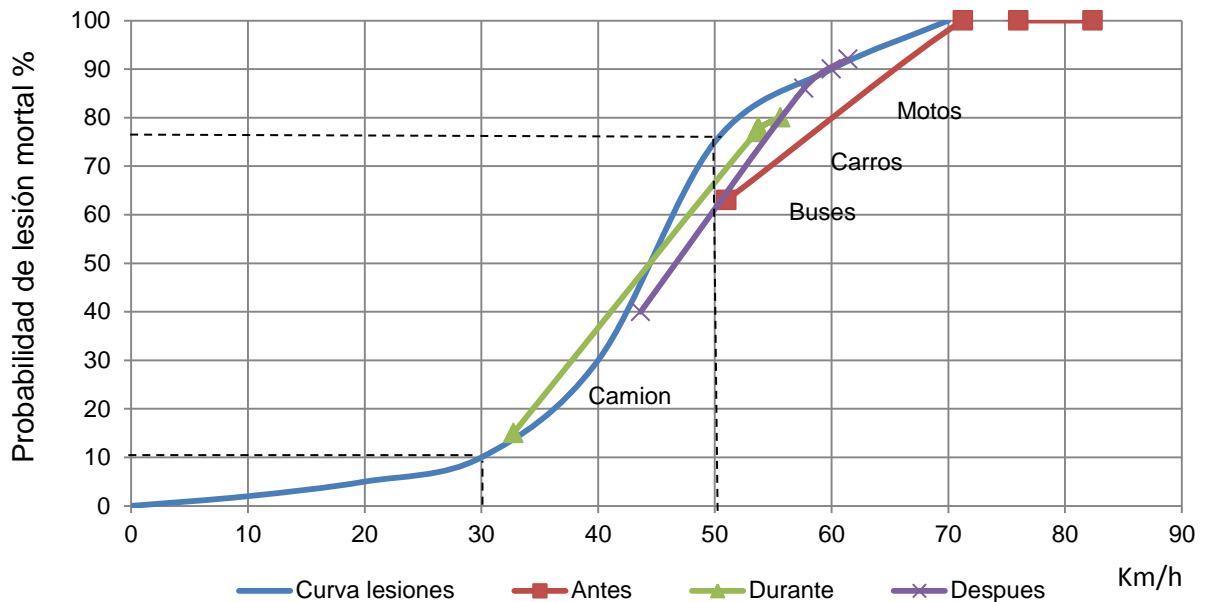


Fuente propia.

Además la poca o limitada seguridad con que cuentan los usuarios vulnerables en la vía pública, aumentan los riesgos y las posibilidades de sufrir lesiones graves o mortales al encontrarse involucrado en una colisión con automóviles, con base a esto las posibilidades de que un peatón muera o resulte herido gravemente debido a un accidente que involucre un atropello aumentan drásticamente con la velocidad. En La Grafica 17., compara las velocidades tolerantes para los seres humanos antes de generarse herido de gravedad o muertos, con las velocidades determinadas antes, durante y después de los reductores en este punto. Para las velocidades de toda la composición vehicular antes del reductor de velocidad, se

establecen porcentajes por encima del 75% de sufrir accidentes mortales o graves, lo cual indica que la mayoría de las personas mueren al ser atropelladas por un vehículo que viaje a más de 50km/h, así pues, se determina con el estudio de velocidades, que los usuarios vulnerables no presentan un paso seguro sobre la vía pública en ese punto, debido a las grandes probabilidades que presentan al ser lesionados de gravedad o morir, salvo en los casos en que los camiones generan reducciones de velocidad que posibilitan a los usuarios un paso 55% u 80% más seguro.

Gráfica 17. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.



Fuente propia.

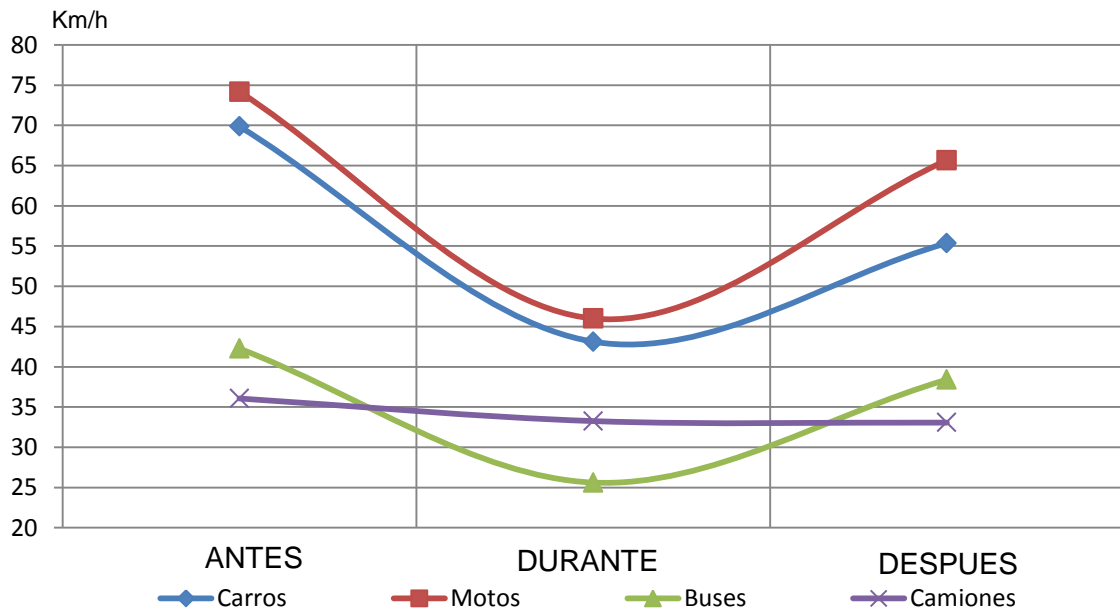
7.5.2 Retorno – Carrera 5ª por Carrera 5.

Las velocidades registradas en este sector, no se ven afectadas por pasos peatonales o por incidencia de zonas residenciales, hospitalarias o educativas, los radios presentes para esta curva, permiten el desarrollo de grandes velocidades gracias a la visibilidad con que el conductor anticipa el paso por el sector. La

distancia para antes y después del reductor para determinar las velocidades es de 15 metros, y para la distancia durante el reductor es de 39,4 metros.

En este punto, la Gráfica 18., muestra los comportamientos que tanto carros como motos asemejan en relación a las velocidades por el paso por este punto, aunque existe una considerable reducción de la velocidad por el paso del dispositivo, es evidente el aumento de la velocidad que se genera después de este, considerando que se llegan a valores de 70 km/h a 15 metros, luego de haber reducido la velocidad metros atrás. Para el comportamiento asociado a buses y camiones, la influencia del dispositivo permite generar reducciones considerables de velocidad, permitiendo a los conductores anticipar con tiempo la presencia de un retorno y una curva que obliga a los usuarios a reducir su velocidad gracias a la geometría que los define.

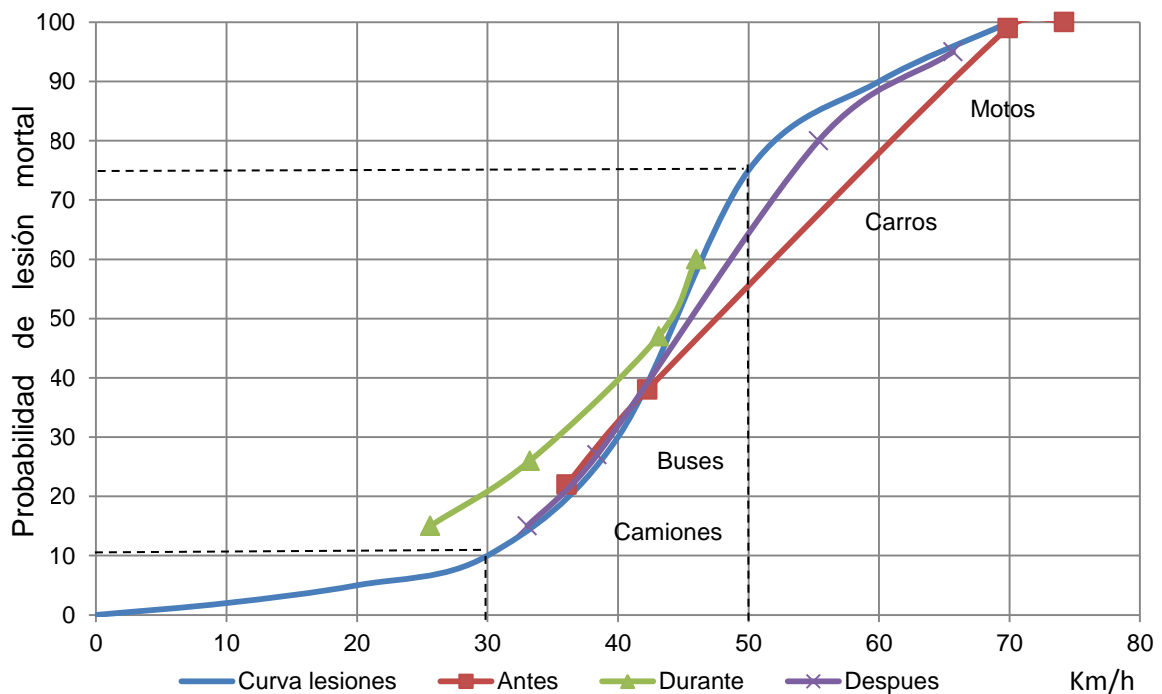
Gráfica 18. Velocidades Percentil 85 - Retorno



Fuente propia.

En cuanto, la composición vehicular, se identifica una jerarquía que varía según las velocidades máximas alcanzadas y registradas en la toma de datos, por lo tanto, se identifica los mayores registros de velocidades para antes durante y después del reductor. Para buses y camiones se evidencia que tanto las velocidades de entrada como velocidades de salida, permiten una más rápida y controlada reacción ante situaciones adversas (35-40 km/h), tanto para motos como para carros, es evidente la reducción de velocidad durante el reductor, pero que en consecuencia no influye en las velocidades que alcanzan a desarrollar luego del paso por este.

Gráfica 19. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.



Fuente propia.

La Gráfica 19., permite determinar que para este punto hay mayores cantidades de flujo vehicular, que reducen la velocidad y que posibilitan un paso más seguro para los peatones, dentro del rango tolerable de traumatismos o lesiones graves.

Aunque se evidencia que las velocidades durante el paso por el reductor de toda la composición, permiten generar menos riesgos a los usuarios vulnerables, se determina que la composición vehicular para carros y motos, con velocidades antes y después del reductor, no representan un cambio significativo que permita generar una reducción de la velocidad prolongada o controlada en presencia de cambios en el flujo (retorno), cambios geométricos (Curva) o presencia de usuarios vulnerables en vía Pública.

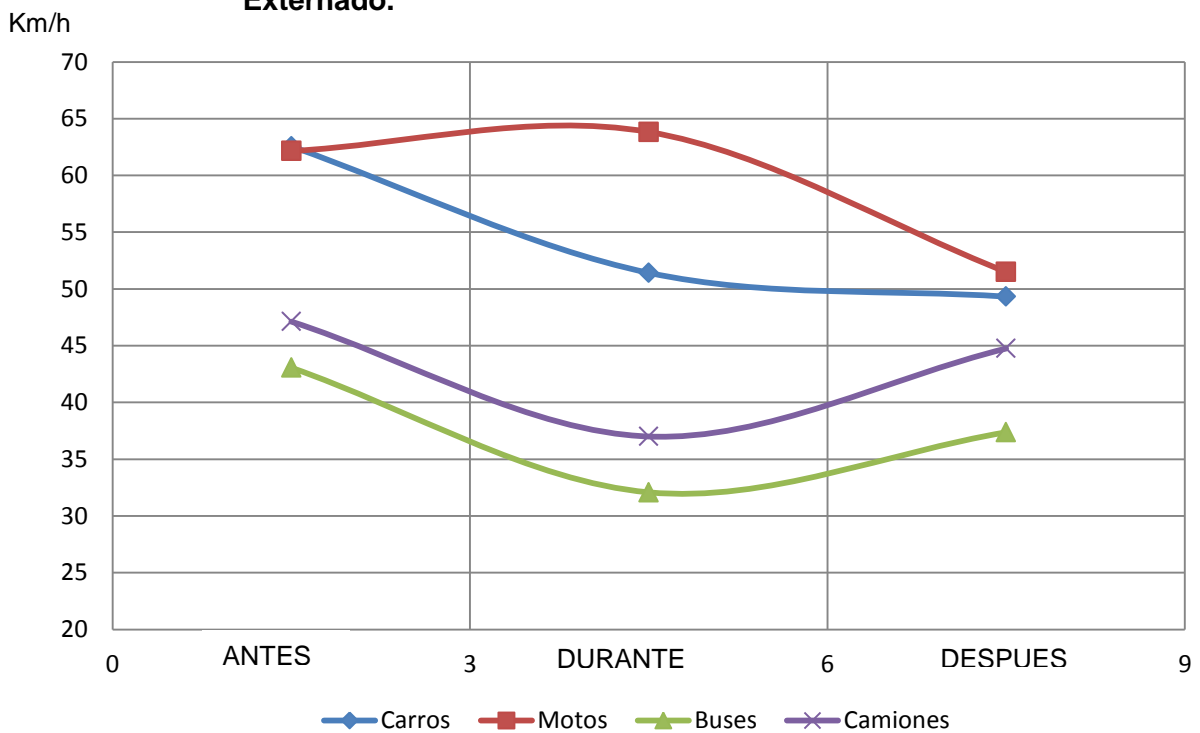
7.5.3 Velocidades Universidad Externado.

Para este punto, la incidencia de la implementación los reductores de velocidad se encuentra directamente involucrada a permitir un paso en vía pública de peatones, a comparación de los otros puntos estudiados, este es el único punto en el tramo sur-norte que cuenta con la medida de implementación para generar velocidades controladas y seguras, y más aún en un paso durante o consecutivo al reductor de velocidad. Para determinar las velocidades en este punto, las distancias antes y después del reductor se determinó a los 15 metros, y la distancia durante el reductor de velocidad fue de 40.8 metros.

A diferencia de los puntos anteriormente evaluados, la Gráfica 20., permite identificar un comportamiento diferente de velocidades para motos, en la composición vehicular de carros, buses y camiones el paso sobre el reductor implicó disminuir o reducir la velocidad, en campo se pudo observar a la mayoría de los motociclistas evitan el dispositivo, generando pasos por los costados donde la banda sonora no presenta relieve o elevación. Aunque los carros presenten altas velocidades en las tres fases evaluadas, el comportamiento a disminuir la velocidad luego de pasar por el reductor, es la tendencia que se espera aplicar a los usuarios que transitan por este tramo.

La geometría de la vía presente antes y después del reductor, permite a los usuarios motorizados el desarrollo de velocidades influenciadas por pendientes antes del reductor de velocidad, aunque es un factor principal para las altas velocidades generadas, la existencia de una curva a finales del reductor permite que se generen reducciones considerables que de velocidad a causa de entradas y salidas de vehículos del centro educativo, al igual que paraderos para servicios públicos durante la curva mencionada, generando accesos por un solo carril de los dos disponibles.

Gráfica 20. Velocidades Percentil 85 Antes, durante y después, Universidad Externado.

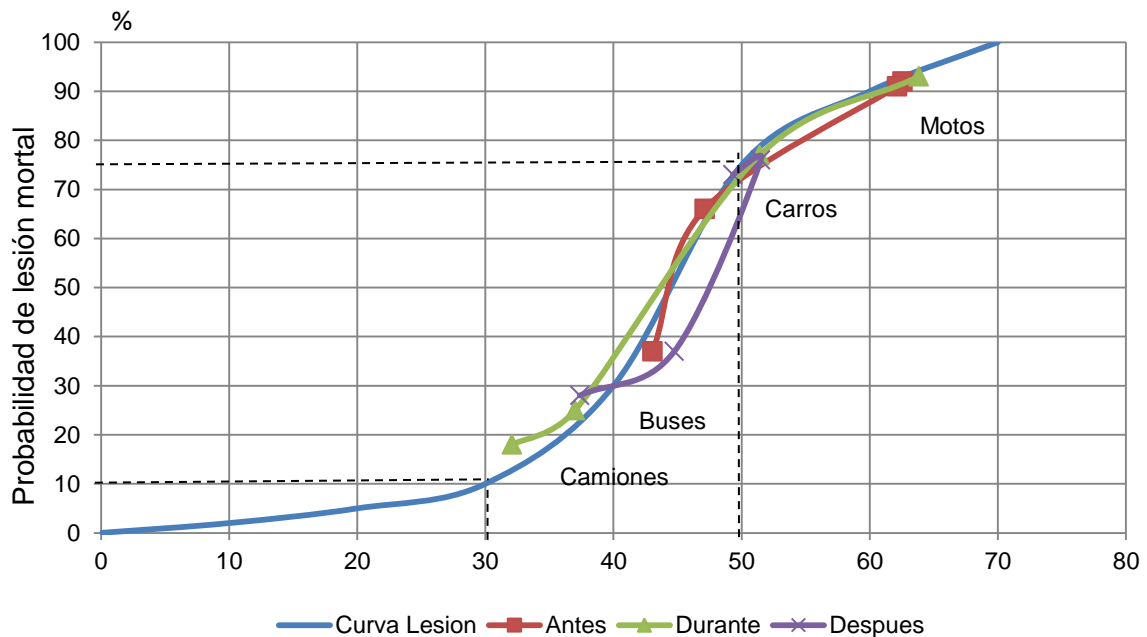


Fuente propia.

No obstante, la Gráfica 21., evidencia mayores valores aceptables a tolerancias por atropello para los peatones que cruzan por la vía pública en relación de las lesiones que se pueden causar a causa de las velocidades, aún existen y se continúan presentando mayores riesgos para carros y motos, antes y durante el

dispositivo reductor, y con mayor criterio para las motos que aumentan los índices de velocidad por el paso del reductor. Para el comportamiento generado por los buses y los camiones, es positivo para ser un paso peatonal representativo en la zona, y para reducciones de velocidad debidas a entradas a el centro educativo, junto con paraderos contiguos al reductor.

Gráfica 21. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.



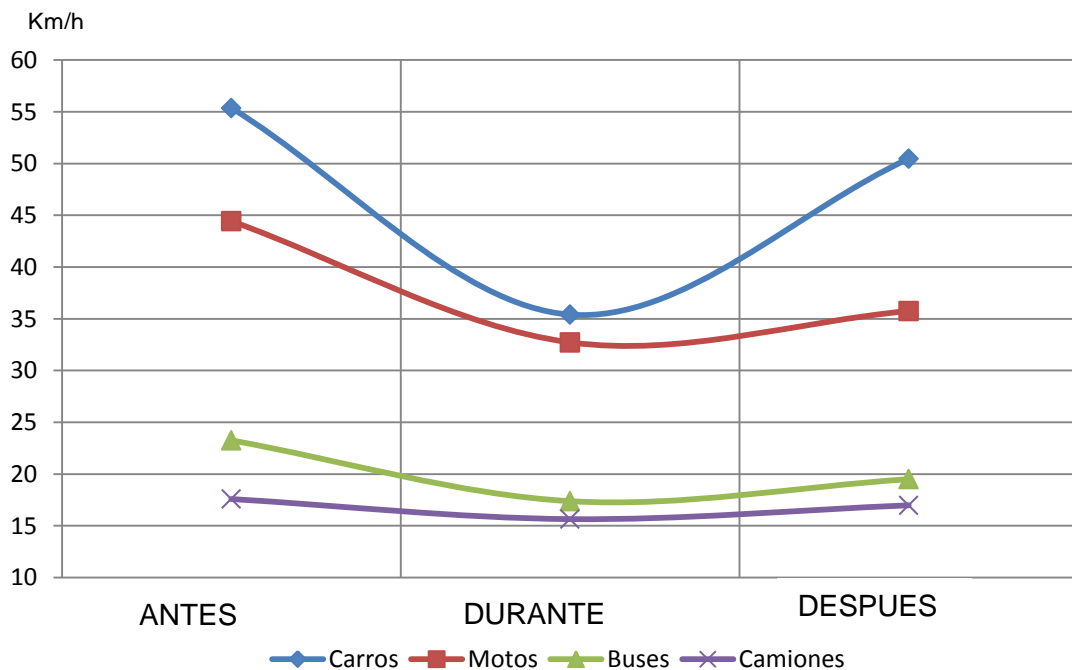
Fuente propia

7.5.4 Velocidades Universidad de los Andes

La toma de velocidades generada en este punto, pudo determinar el dimensionamiento de los dispositivos reductores de velocidad ubicados, se ubicaron tramos de 15 metros antes y después del reductor de velocidad, durante el reductor el dimensionamiento fue de 10,4 metros, el cual es el más bajo para la evaluación de lo reductores implementados.

Los reductores de velocidad implementados en este punto, con base a las observaciones realizadas, obedecen principalmente a la incidencia de un retorno y a la dificultad que se presenta para poder observar entrada y salida de vehículos, al igual la pendiente pronunciada de este retorno, la cual obliga a el conductor que quiere incorporarse en este punto, el aumento de velocidad para evitar que los vehículos pierdan el control de sus vehículos, debidos a la pendiente mencionada anteriormente.

Gráfica 22. Velocidades Percentil 85 Antes, durante y después, Universidad de los Andes.

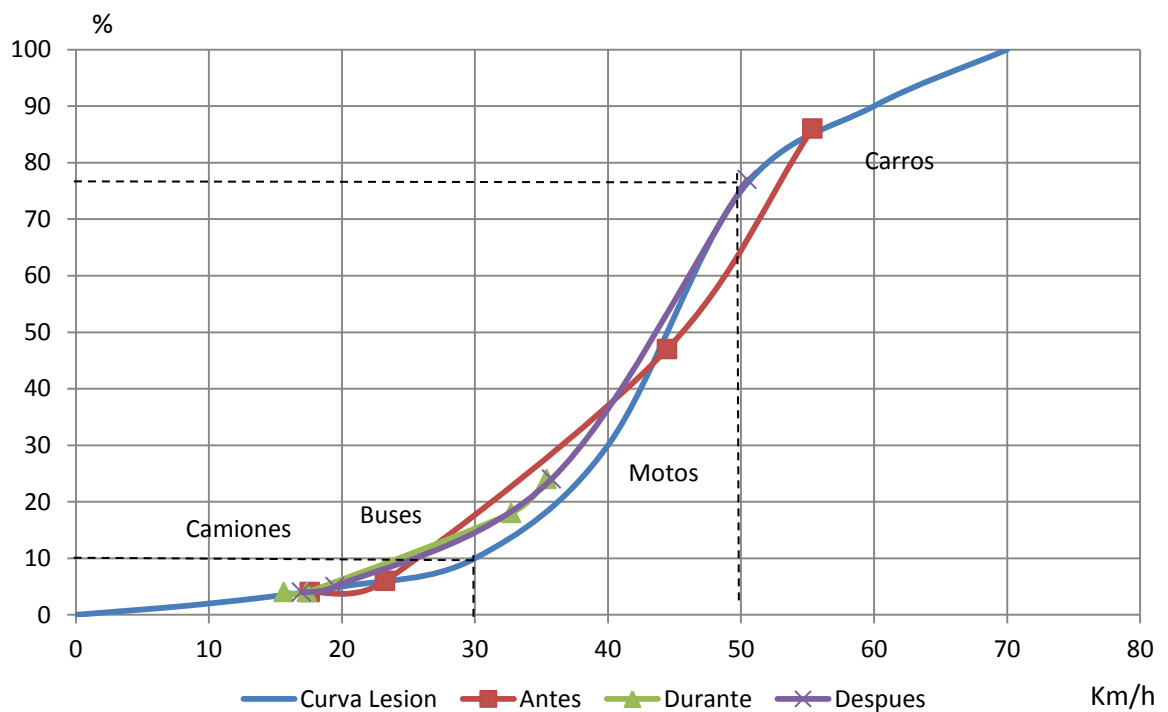


Fuente propia.

Los reductores de velocidad implementados en este punto, evidencian los índices más bajos de velocidad registrados para las composiciones de dispositivos evaluados en el tramo. La Gráfica 22., muestra las velocidades más altas registradas para este punto de control, las cuales corresponden a carros y motos respectivamente, se evidencia una reducción considerable de la velocidad

registrada durante el paso sobre el reductor, pero el comportamiento típico de los usuarios para este punto, evidencia un aumento considerable para la velocidad registrada después del reductor, en el caso correspondiente a los carros. Los buses y los camiones, presentan velocidades que aun en ausencia de pasos peatonales, las mantienen por debajo del límite para estas zonas, generando y permitiendo que los vehículos que salgan o entren a través del reductor, pasos seguros y controlados.

Gráfica 23. Probabilidad de lesión mortal de peatón ante colisión contra vehículo.



Fuente propia.

Se refleja valores numéricos de los resultados obtenidos para las velocidades en las tres fases evaluadas, la composición de buses y camiones, evidencia límites de velocidad de paso por este punto no mayores a 25 km/h, lo cual implica mejores condiciones de seguridad y control de velocidades para este tipo de vehículos en relación a la entrada y salida de usuarios por la intersección. El

aumento de las velocidades después del reductor para carros y motos, está influenciada por el impulso que la mayoría de vehículos genera para el paso por una pendiente presente en la siguiente curva, pero que perjudica el control de velocidades que se ejerce en la Universidad Distrital.

Aunque en este punto no se generen pasos peatonales consecutivos, es importante identificar y evaluar las velocidades que se presentan antes del reductor de velocidad, lugar donde hay concentración de salidas peatonales a causa del Centro de Educación Superior, para las velocidades antes y después del reductor para carros, se presentan velocidades que sobrepasan el límite (superiores a 50km/h) considerable de lesión grave por atropello a dicha velocidad, tal como lo demuestra la Gráfica 23., para los comportamientos generados durante y después del reductor del resto de la composición vehicular, se observan reducciones considerables y velocidades bajas que permiten a los usuarios un mayor control sobre el vehículo y sobre las situaciones adversas que se puedan derivar de la interacción.

8. VELOCIDADES ÓPTIMAS DE OTROS REDUCTORES

Generalidades.

Para generar un concepto de efectividad en los reductores de velocidad ubicados en la zona de estudio, se realizó un proceso similar en la toma de velocidades en otros reductores ubicados en la ciudad de Bogotá, las condiciones generales en las cuales se basó la escogencia del sitio, consistieron en los parámetros de velocidades similares, al igual que condiciones de zonas escolares y de uso público como son hospitales, estaciones de policía y centros de entretenimiento.

El tramo de estudio al estar caracterizado por ser una vía de altas velocidades y de doble carril, limita gran parte de las medidas correctivas que controlan la velocidad en diferentes puntos, dispositivos como los resaltos, los resaltos portátiles y los pompeyanos, obligan al conductor a reducir las velocidades a un límite inferior de 10 km/h, lo cual implica generar condiciones riesgosas para un tramo característico de velocidades superiores a los 50 km/h en flujo continuo.

Por lo tanto, las medidas que fueron evaluadas para determinar la efectividad de los reductores en aspectos de velocidades, fueron las bandas sonoras con estoperoles, bandas sonoras con líneas de cemento y resaltos virtuales, las cuales permiten informar al conductor con ruido y de manera visual, un cambio en las condiciones del modo de transitar por este sector, con cambios en las velocidades con límites inferiores de 20 km/h.

Ubicación de los reductores de velocidad

Para realizar la comparación de los reductores de velocidad se tomaron aquellos que cumplieran con la condición de una vía rápida - velocidades mayores a 50 km/h, un ancho de carril de 8 metros aproximadamente, pendientes longitudinales entre

el 2% y el 9%, y, con TPD que varía entre 15000 vehículos en días típicos y atípicos.

Figura 33. Bandas sonorizadoras de cemento en Transversal 100g por calle 71.



Fuente: Google maps.

Figura 34. Estoperoles en Carrera 6 por calle 70.



Fuente Google maps.

Figura 35. Resalto Virtual

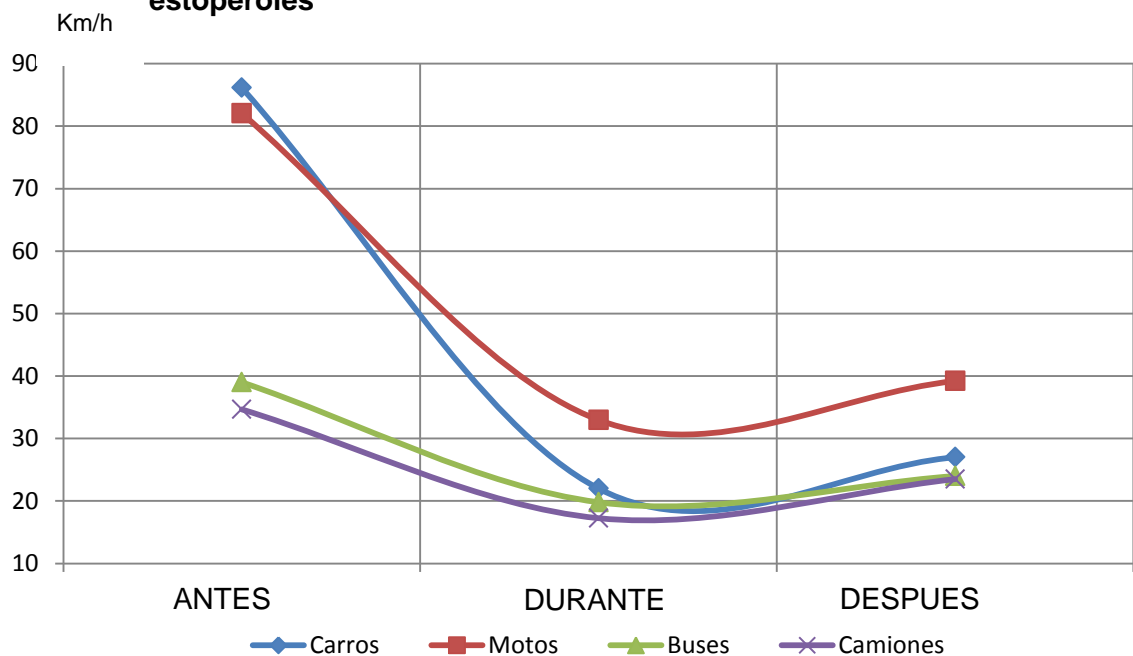


Fuente: Google maps.

8.1.1 Reductores de Velocidad con estoperoles

En análisis derivado de la toma de velocidades para este punto, permite identificar la reducción considerable de velocidad con la que los vehículos cruzan por el reductor de velocidad, aunque los comportamientos antes del reductor de velocidad continua presentando velocidades altas por encima de 70 km/h para carros y motos.

Gráfica 24. Velocidades Percentil 85 Antes, Durante y Después. Bandas Sonoras con estoperoles



Fuente: Propia.

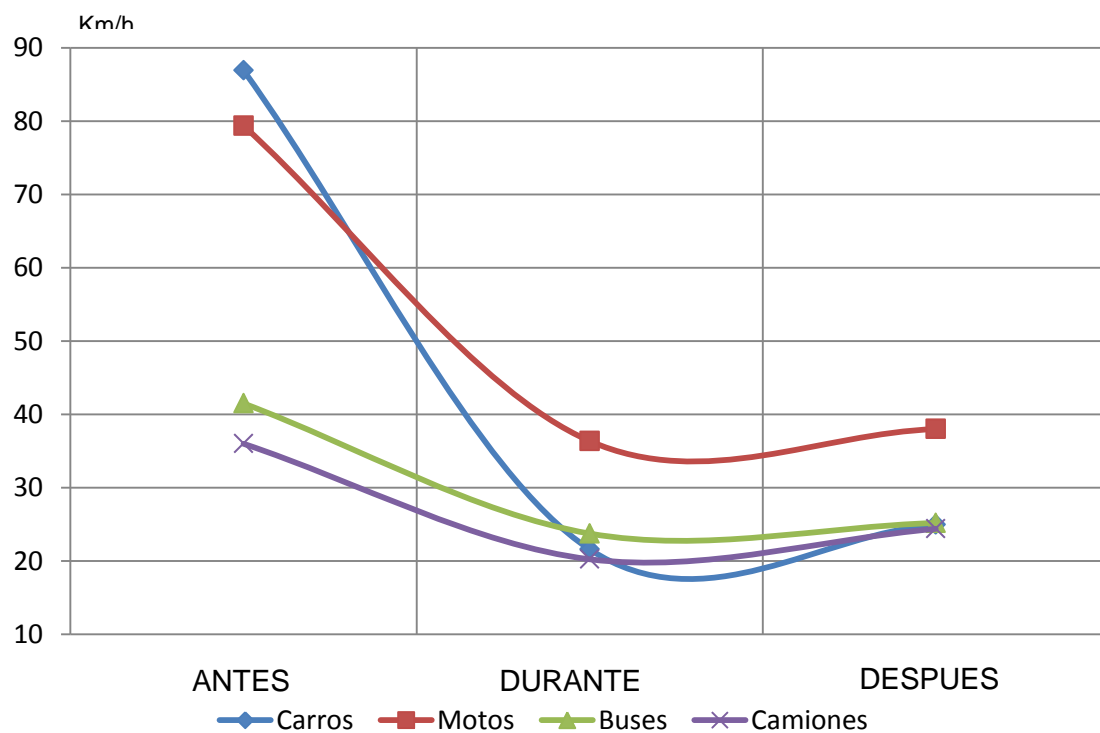
La Gráfica 24., permite detallar velocidades para aquellas composiciones las cuales fueron estudiadas, para velocidades durante y después del reductor, permite detallar valores que se acercan más a los aproximados con relación a las velocidades máximas permitidas en zonas escolares (30Km/h), este comportamiento se presenta en carros, buses y camiones, al contrario el

comportamiento de las motos, que aun presentan problemas para cumplir la normatividad.

8.1.2 Reductores de Velocidad Bandas sonorizadoras de cemento

Las Bandas sonoras de cemento, representan en la actualidad, el dispositivo que está siendo evaluado en la zona de estudio. A comparación de la evaluación generada en la Avenida Circunvalar, las implicaciones de las bandas sonoras en otros aspectos permite mayores reducciones de la velocidad durante y después del reductor de velocidad como lo evidencia la Gráfica 25.

Gráfica 25. Velocidades percentil 85 Antes, Durante y después. Bandas sonoras de Cemento

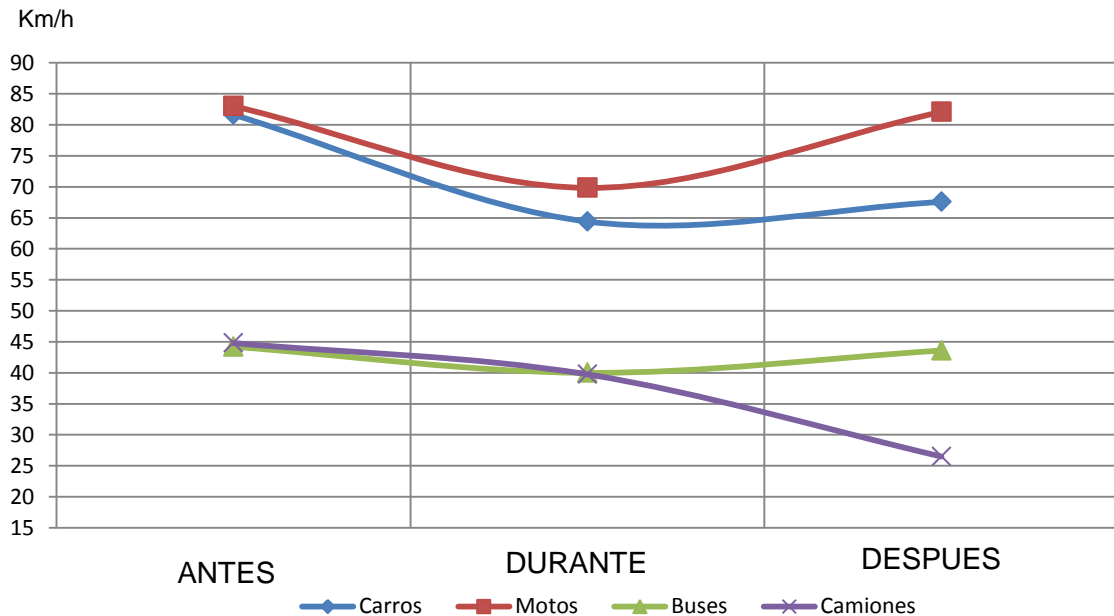


Fuente: Propia.

8.1.3 Reductores de Velocidad Resalto virtual.

El resalto virtual, como dispositivo reductor de velocidad genera en los usuarios de la vía la percepción de la existencia de un resalto en superficie, por lo tanto, implicaría una reducción considerable de la velocidad en zonas características escolares o áreas públicas. Sin embargo, el conocimiento de la demarcación para resalto, no genera afectaciones para los usuarios que generalmente pasan por este sitio, lo cual implica que se convierta en una medida temporal y no a largo plazo.

Gráfica 26. Velocidades percentil 85 Antes, Durante y Después. Resalto Virtual.

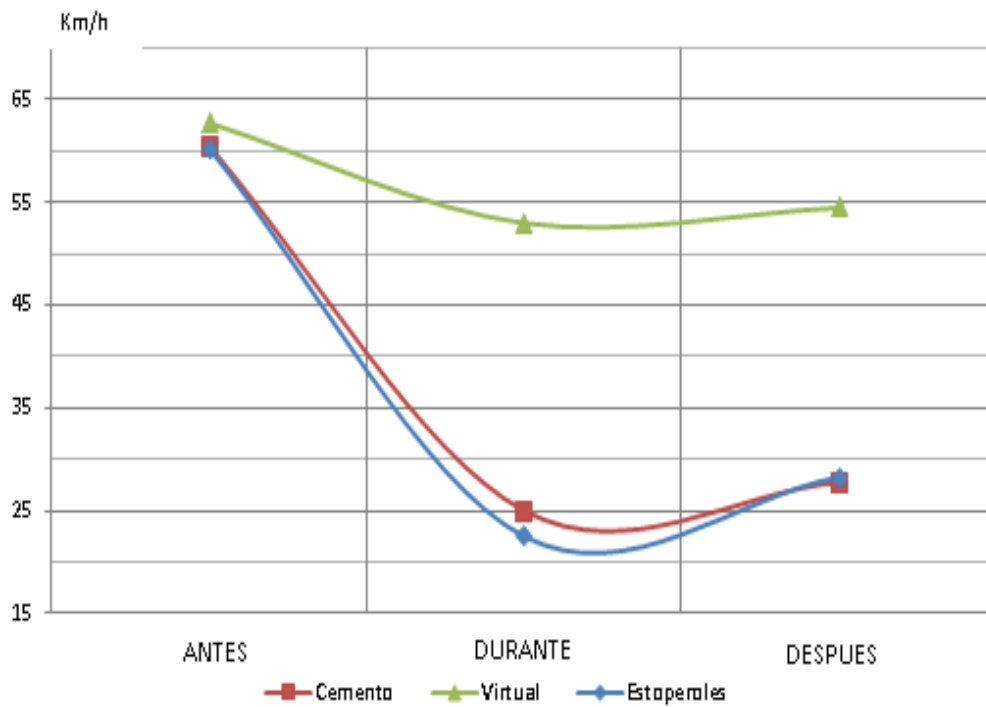


Fuente: Propia.

La Gráfica 26., describe el análisis de los datos obtenidos para identificar la afectación de un resalto virtual en el flujo de un punto determinado. Como se puede evidenciar los cambios en las velocidades no son significativos, para ser un control de tráfico en una zona escolar (siendo el caso de estudio), según análisis de observación, los vehículos no presentan ninguna afectación en presencia de un

resalto virtual, en cambio, si se presenta como una señal informativa de cambio de condiciones en el sector o en un tramo futuro.

Gráfica 27. Comparativo de los Reductores de Velocidad



Fuente propia

El estudio comparativo de velocidades para otros dispositivos, permite evidenciar el bajo rendimiento ante la acción de reducción de velocidad en relación al resalto virtual. En el análisis realizado para cada punto, se evaluaron condiciones en presencia escolar, condiciones de flujo continuo y velocidades altas.

9. METODOLOGIA DEL SOFTWARE PTV VISSIM

9.1.1 Fase I: Recolección de información

Esta fase se caracteriza por adquirir la información necesaria que permita el análisis por medio del software, tal como velocidades de operación, flujo vehicular horario, condiciones geométricas de la vía, posibles rutas de los usuarios, zonas de conflicto.

Con esta información se podrá determinar la importancia que conlleva la implementación de medidas con mayores o menores restricciones de velocidad para los usuarios motorizados que pasan por los puntos identificados. En esta fase se realizarán los siguientes pasos:

1. Ejecución de aforos, para conocer la composición vehicular del tramo de estudio.
2. Identificar las velocidades de operación que se generan durante el paso por los reductores de velocidad, en 3 fases diferentes (antes, durante y después).
3. Determinar las condiciones geométricas de la vía en los puntos de instalación de los dispositivos.
4. Definir las rutas que generan los usuarios que pasan por los puntos identificados e identificar las afectaciones a la velocidad.
5. Identificar las zonas de posibles conflictos entre los usuarios motorizados de la vía.

9.1.2 Fase II: Modelación

De la información obtenida, se realizarán los siguientes pasos:

1. Generar el diseño y caracterización general de la vía en el software.

2. Aplicar al modelo las condiciones de flujo de vehículos, al igual que las velocidades de cada una de las fases.
3. Implementar las zonas de reducción de velocidad de acuerdo a las características reales de los dispositivos.

9.1.3 Fases III: Análisis de resultados

Esta fase se evaluará desde el concepto de la observación, debido a la dificultad que se ha tenido con la versión completa del software. En esta fase se realizará el siguiente análisis:

1. Identificar el comportamiento que presentan los usuarios ante los reductores de velocidad.
2. Determinar condiciones que permitan generar pasos seguros a los usuarios vulnerables en los puntos evaluados.

DESCRIPCIÓN DE LA MODELACIÓN

A partir de la modelación en PTV-Vissim, se genera los datos reales de la vía en estudio, en la cual fue necesario incluir el ancho del carril, e TPD, la composición vehicular, y la longitud real de las medidas correctivas (reductores de velocidad), asimismo identificando los puntos críticos de cada una de las intersecciones.

Con base a la modelación real de la situación de la vía en estudio, se identifica el comportamiento de un vehículo en particular, notándose que las medidas correctivas no son eficientes y esto se argumenta a través de las velocidades obtenidas por el vehículo en particular (Véase Cuadro 18 y 19). En la cual se compara las velocidades de acuerdo a las medidas correctivas establecidas en el tamo de estudio,

Figura 36. Modelación de la Universidad Distrital

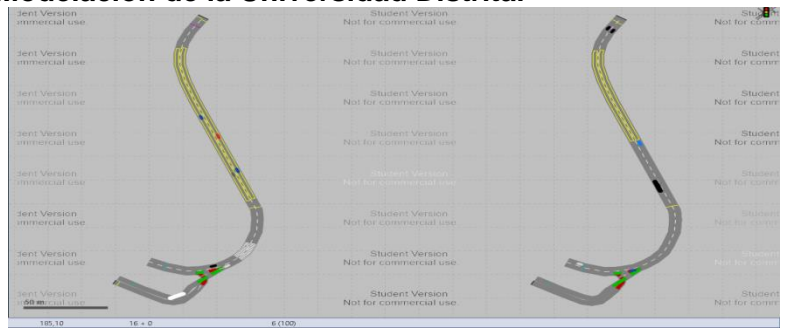


Figura 37. Modelación de la Universidad Externado de Colombia

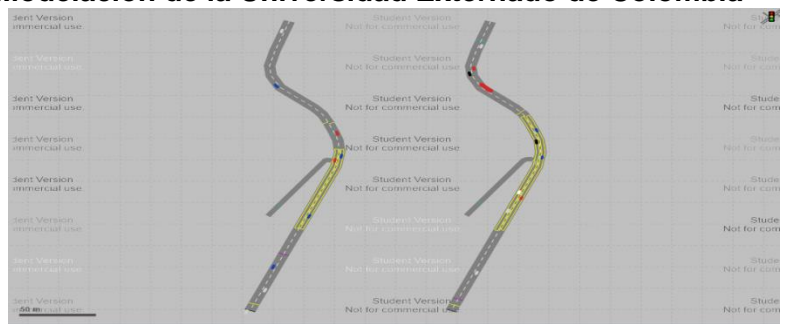


Figura 38. Modelación de la Universidad de los Andes

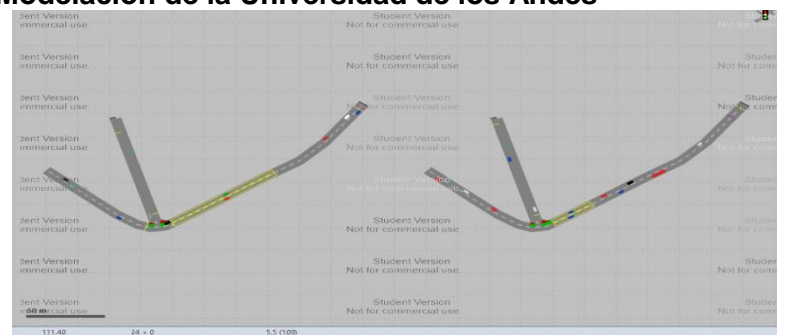
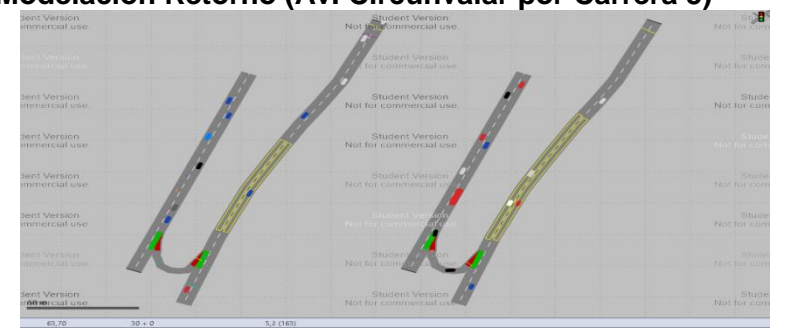


Figura 39. Modelación Retorno (Av. Circunvarial por Carrera 5)



Cuadro 18. Resultados de la Modelación en la Universidad Distrital.

UNIVERSIDAD DISTRITAL

		Vehiculo En condiciones Actuales									Vehiculo En condiciones Con mejora						
No	VehType	Poss	Speed	Desired Speed	Acceleration	LnChg		No	VehType	Poss	Speed	Desired Speed	Acceleration	LnChg			
Reductor	5	100: Car	10,267784	50,239083	83,225356	0,15527	None	Reductor	7	100: Car	14,498851	42,610968	81,360945	-2,29719	None		
	5	100: Car	20,073759	50,574466	83,225356	0,335383	None		7	100: Car	20,129892	38,476027	81,360945	-2,29719	None		
	5	100: Car	31,312529	50,575546	83,225356	0,00108	None		7	100: Car	30,504524	29,723995	30,760354	-1,647196	None		
	5	100: Car	41,155152	50,575512	83,225356	-3,4E-05	None		7	100: Car	40,767985	28,573873	30,760354	0,2788	None		
	5	100: Car	51,288414	50,574466	83,225356	-0,001046	None		7	100: Car	50,493454	29,778289	30,760354	0,2788	None		
	5	100: Car	61,124841	51,692412	50,919017	0,15527	None		7	100: Car	60,620178	30,982705	30,760354	0,2788	None		
	5	100: Car	71,214185	52,083693	50,919017	0,15527	None		7	100: Car	70,255789	31,086753	30,760354	0,2788	None		
	5	100: Car	81,379611	52,474974	50,919017	0,15527	None		7	100: Car	80,200597	31,573329	30,760354	-0,2788	None		
	5	100: Car	90,153388	52,810357	50,919017	0,15527	None		7	100: Car	89,109343	31,569649	30,760354	-0,2788	None		
	5	100: Car	100,46011	53,201638	50,919017	0,15527	None		7	100: Car	100,27391	30,264865	30,760354	-0,2788	None		
Reductor	5	100: Car	110,84291	53,592919	50,919017	0,15527	None	7	100: Car	110,16146	29,060449	30,760354	-0,2788	None			
	5	100: Car	121,41606	55,78746	83,225356	1,496839	None	7	100: Car	120,65136	29,577553	30,760354	0,2788	None			
	5	100: Car	131,00279	59,230603	83,225356	1,567147	None	7	100: Car	130,71128	30,781969	30,760354	0,2788	None			
	5	100: Car	141,51123	62,538854	83,225356	1,507475	None	7	100: Car	140,28555	31,886017	30,760354	0,2788	None			
	5	100: Car	150,02377	65,201881	83,225356	1,460977	None	7	100: Car	150,19218	32,774065	30,760354	-0,1212	None			
	5	100: Car	161,14961	68,289311	83,225356	1,407068	None	7	100: Car	160,0378	31,670017	30,760354	-0,2788	None			
	5	100: Car	170,77122	69,938392	83,225356	0,488773	None	7	100: Car	169,93559	36,151098	81,360945	2,791027	None			
	5	100: Car	180,49777	69,994216	60,919017	-0,080184	None	7	100: Car	180,43809	36,657018	30,760354	-0,952117	Right			
	5	100: Car	190,20851	69,838651	60,919017	-0,088807	None	7	100: Car	193,2138	34,64548	30,760354	-0,2788	None			
	5	100: Car	201,83176	69,637793	60,919017	-0,096049	None	7	100: Car	200,82358	33,842536	30,760354	-0,2788	None			
Reductor	5	100: Car	211,49132	69,457994	60,919017	-0,1025	None	7	100: Car	210,99568	32,738888	30,760354	-0,2788	None			
	5	100: Car	221,12508	69,266141	60,919017	-0,109366	None	7	100: Car	220,83043	31,63444	30,760354	-0,2788	None			
	5	100: Car	230,73131	69,061442	60,919017	-0,116688	None	7	100: Car	230,32784	30,530393	30,760354	-0,2788	None			
	5	100: Car	240,30816	68,843028	60,919017	-0,124514	None	7	100: Car	240,3039	29,325977	30,760354	-0,2788	None			
	5	100: Car	251,75388	68,347332	60,919017	-0,531173	None	7	100: Car	250,76295	29,240873	30,760354	0,2788	None			
	Paso Peatonal	5	100: Car	10,267784	50,239083	83,225356	0,15527	None	7	100: Car	14,498851	42,610968	81,360945	-2,29719	None		
		5	100: Car	20,073759	50,574466	83,225356	0,335383	None	7	100: Car	20,129892	38,476027	81,360945	-2,29719	None		
		5	100: Car	31,312529	50,575546	83,225356	0,00108	None	7	100: Car	30,504524	29,723995	30,760354	-1,647196	None		
		5	100: Car	41,155152	50,575512	83,225356	-3,4E-05	None	7	100: Car	40,767985	28,573873	30,760354	0,2788	None		
		5	100: Car	51,288414	50,574466	83,225356	-0,001046	None	7	100: Car	50,493454	29,778289	30,760354	0,2788	None		
5		100: Car	61,124841	51,692412	50,919017	0,15527	None	7	100: Car	60,620178	30,982705	30,760354	0,2788	None			
5		100: Car	71,214185	52,083693	50,919017	0,15527	None	7	100: Car	70,255789	31,086753	30,760354	0,2788	None			
5		100: Car	81,379611	52,474974	50,919017	0,15527	None	7	100: Car	80,200597	31,573329	30,760354	-0,2788	None			
5		100: Car	90,153388	52,810357	50,919017	0,15527	None	7	100: Car	89,109343	31,569649	30,760354	-0,2788	None			
5		100: Car	100,46011	53,201638	50,919017	0,15527	None	7	100: Car	100,27391	30,264865	30,760354	-0,2788	None			

Cuadro 19. Resultados de la Modelación de la Universidad Externado

UNIVERSIDAD EXTERNADO

		Vehiculo En condiciones Actuales									Vehiculo En condiciones Con mejora						
No	VehType	Poss	Speed	Desired Speed	Acceleration	LnChg		No	VehType	Poss	Speed	Desired Speed	Acceleration	LnChg			
Reductor	6	100: Car	12,546696	50,878656	81,530366	0,999568	None	Reductor	5	100: Car	12,846994	55,661196	97,496121	-1,597651	None		
	6	100: Car	21,27053	53,878692	81,530366	1,421158	None		5	100: Car	21,838085	52,240556	97,496121	-1,573173	Left		
	6	100: Car	30,437234	55,664473	81,530366	0,304294	None		5	100: Car	30,521685	51,927813	97,496121	-0,187956	Left		
	6	100: Car	41,267661	55,702019	81,530366	0	None		5	100: Car	40,552854	50,875181	97,496121	-1,343344	Left		
	6	100: Car	50,551331	55,702019	81,530366	0	None		5	100: Car	51,42858	47,006351	97,496121	-1,343344	Left		
	6	100: Car	61,368279	55,270019	81,530366	-0,6	None		5	100: Car	60,239585	43,621125	97,496121	-1,343344	None		
	6	100: Car	70,404796	53,07127	81,530366	-1,076909	None		5	100: Car	70,600812	39,268691	97,496121	-1,343344	None		
	6	100: Car	80,460367	50,357459	81,530366	-1,076909	None		5	100: Car	80,83811	34,504654	34,562209	-1,143344	None		
	6	100: Car	90,074854	49,037022	49,647774	-0,106611	None		5	100: Car	89,271667	32,522579	34,562209	-0,026636	None		
	6	100: Car	100,93785	48,729981	49,647774	-0,106611	None		5	100: Car	100,42542	31,396501	34,562209	-0,031443	None		
Reductor	6	100: Car	110,38701	48,46132	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	110,60976	30,261311	34,562209	-0,036487	None			
	6	100: Car	119,78392	48,19266	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	120,74958	30,104606	34,562209	-0,042266	None			
	6	100: Car	130,45929	47,885619	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	130,83783	30,923597	34,562209	-0,04765	None			
	6	100: Car	142,38752	47,540199	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	140,90135	30,118931	34,562209	0,129069	None			
	6	100: Car	151,62192	47,573819	49,647774	0,106611	None	5	100: Car	150,16559	30,583579	34,562209	0,129069	None			
	6	100: Car	160,8985	47,842479	49,647774	0,106611	None	5	100: Car	160,50532	30,094692	34,562209	0,129069	None			
	6	100: Car	170,336	49,8426	81,530366	1,412292	None	5	100: Car	170,0406	30,559341	34,562209	0,129069	None			
	6	100: Car	180,3858	53,502503	81,530366	1,427221	None	5	100: Car	180,67849	30,070454	34,562209	0,129069	None			
	6	100: Car	191,12279	56,587455	49,647774	0,603297	None	5	100: Car	190,48482	30,535102	34,562209	0,129069	None			
	6	100: Car	200,554	56,159487	49,647774	-0,702312	None	5	100: Car	200,46612	30,035059	34,562209	1,178527	None			
Reductor	6	100: Car	211,28547	54,302863	49,647774	-0,548897	None	5	100: Car	210,95046	37,733349	34,562209	-0,129069	None			
	6	100: Car	221,80016	53,931756	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	222,402	37,222236	34,562209	-0,129069	None			
	6	100: Car	230,7696	53,701476	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	230,63231	36,850517	34,562209	-0,129069	None			
	6	100: Car	241,18543	53,432815	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	240,80403	36,385869	34,562209	-0,129069	None			
	6	100: Car	250,07171	53,202535	49,647774	-0,106611	None	5	100: Car	250,84668	35,921221	34,562209	-0,129069	None			

CONCLUSIONES

1. Las velocidades de operación de los reductores de velocidad ubicados a lo largo de la Avenida Circunvalar entre el acceso a Monserrate y El Barrio Egipto en ambos sentidos, superan los límites de velocidad permitidos para el paso por zonas escolares y sectores salud, para la composición vehicular de motos y carros, durante y después del paso por el reductor. Para la Universidad Distrital 60 y 51.42, km/h (Véase la Gráfica 16), Universidad de los Andes 50.47 y 35.75 km/h (Véase la Gráfica 22), Universidad Externado 49.2 y 51.5 Km/h (Véase la Gráfica 20), y Retorno 55.36 y 65.68 Km/h (Véase la Gráfica 18),, carros y motos respectivamente
2. Los radios determinados según el diseño geométrico, no cumplen en relación a las especificaciones técnicas para velocidades de acuerdo con el Manual de diseño geométrico de carreteras, pues las velocidades operacionales difieren hasta 30kph con respecto a la velocidades de diseño (Véase ítem 7.5). Del mismo modo, la Avenida Circunvalar, se ejecutó con el parámetro de ser una vía de alta velocidad (60km/h), los usuarios actuales circulan a mayores velocidades de alrededor de 80 kph a 100 kph, lo cual implica mayores posibilidades de accidentes ente vehículo- vehículo o vehículo- peatón.
3. Los reductores de velocidad no mejoran la seguridad tanto para los peatones como los ocupantes de los vehículos, puesto que, no hay disminución de velocidad después de los reductores de velocidad, y, que además permita a los usuarios establecer condiciones aptas para generar un paso seguro. Asimismo, según revisiones insitu, evidencio comportamientos atípicos como correr, trotar y dudar el paso, al cruzar la vía, en la que una vez más se refleja la poca eficiencia de los reductores de

velocidad cuyo propósito es permitir a los peatones pasos más seguros y cómodos según las características de la zona.

4. Las bandas sonoras con estoperoles y de cemento, son una medida efectiva para generar pasos seguros a lo largo de una zona específica, si se tienen en cuenta los cambios de velocidad y la cantidad de bandas vibratorias que se necesitan para lograrla, se podrán alcanzar las reducciones necesarias para generar pasos seguros en las zonas, sin implicaciones en las condiciones de flujo. Así pues, las velocidades de paso sobre estoperoles pueden alcanzar valores de 26 km/h y de bandas sonoras de cemento con 25 km/h (Véase Ítem 8, lo anterior, permite determinar que si existe efectividad para los reductores de velocidad menos drásticos en zonas con características especiales como zonas escolares u Hospitalarias.
5. La evaluación generada por el Software PTV-Vissim (Véase CD), determino que se pueden generar cambios en la velocidad de los usuarios de la vía, si amplia las distancias de afectación para los reductores de velocidad, sin interrumpir o alterar la condición de flujo del tramo. Al mismo tiempo que se pueden generar paso seguros para los puntos en los cuales existe alfo flujo de peatones.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a las Instituciones educativas y Centros de salud ubicadas en Avenida Circunvalar contiguas entre el acceso a Monserrate y el Barrio Egipto, implementar planes de movilidad peatonal, con el objeto de prevenir la seguridad de sus usuarios, ya que la Avenida Circunvalar en su contexto original fue idealizada para manejar alto flujo vehicular, con altas velocidades tanto operacionales como de diseño.
2. Establecer estudios futuros para establecer un equilibrio y vínculo entre los medios no motorizados y motorizados, con el fin de evidenciar el manejo que podría efectuarse con la implementación de medidas correctivas, ya sea: señalización de tránsito pertinente tanto horizontal como vertical, dispositivos de control de velocidad con mejores tecnologías que mejoren las condiciones del flujo vehicular en especial en zonas escolares.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUDELO OSPINA, J. J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías*. Trabajo de Grado Especialista de Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia., Facultad de Minas, Medellín.
- Agudelo, L. (2002). Indicadores de Sostenibilidad y Ordenación del Territorio. *Planeación Urbano-Regional*, 7.
- Alberto, J. A. (2001). Caracterización de los Usos del Suelo de Un Espacio Periurbano de la Gran Resistencia. *Centro de Geociencias Aplicadas*, 2.
- ALCALCIA MAYOR DE BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL. (2005). *Manual de planeación y diseño para la administración y transporte*. Bogotá, Colombia: Secretaria de Tránsito y Transporte.
- BOGOTÁ, M. y. (2001). *Modelos alternativos de reductor de velocidad*. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.: Trabajo de Grado.
- CAL, M. y. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. Ciudad de México, México: Omega.
- CCARLSON, P. J. (Septiembre de 2003). *Effectiveness of rumble strips on Texas Highways: First year report*. Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/0-4472-1.pdf>
- CASQUERO, E. Y. (s.f.). *Indicadores para la seguridad vial*. ACEX. Jornada Técnica sobre indicadores en la gestión de la conservación de Carreteras.
- cCIFUENTES OSPINA, N. (2014). *Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad*. Maestría en Ingeniería Civil, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
- CORKLE, J. y. (1 de Octubre de 2001). *Investigating the Effectiveness of Traffic Calming Strategies*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de http://nacto.org/docs/usdg/investigating_effectiveness_of_traffic_calming_strategies_corkle.pdf
- Dirección de Investigación FPV, b. I. (2004). *Archivos históricos, hasta el 2003*. Bogotá, Colombia: Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses desde el 2004.
- Fondo de Prevención Vial. (2014). *Informe de Gestión*. Recuperado el 9 de Agosto de 2015, de

- http://www.fpv.org.co/uploads/documentos/libreria/informe_gestion_fpv.pdf.
http://www.fpv.org.co/uploads/documentos/libreria/informe_gestion_fpv.pdf
- Fondo de Prevención Vial. (Junio de 2014). *Informe de Gestión*. Recuperado el 9 de Agosto de 2015, de http://www.fpv.org.co/uploads/documentos/libreria/informe_gestion_fpv.pdf.
- Fondo de Prevención Vial. SURA. (s.f.). Metodología para el cálculo de la velocidad límite en las vías urbanas colombianas. [://www.fpv.org.co/uploads/repositorio/guia_para_determinar_el_limite_de_velocidad_urbana_20140203.pdf](http://www.fpv.org.co/uploads/repositorio/guia_para_determinar_el_limite_de_velocidad_urbana_20140203.pdf). Bogotá, Colombia. Obtenido de [://www.fpv.org.co/uploads/repositorio/guia_para_determinar_el_limite_de_velocidad_urbana_20140203.pdf](http://www.fpv.org.co/uploads/repositorio/guia_para_determinar_el_limite_de_velocidad_urbana_20140203.pdf)
- GALA AUQUILLA, A. y. (2013). *Estudio de los reductores de velocidad en las zonas urbanas y rurales de la ciudad de Cuenca, Provincia de Azuay*. Monografía para Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- GOMEZ, J. D. (2014). *Estudio de velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizadas*. Proyecto de Grado, Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia.
- Manual de dispositivos uniforme para el control de tránsito*. (s.f.). Recuperado el 22 de Marzo de 2015, de http://www.intt.gob.ve/repositorio/pagina_nueva/carrusel/manual_venezolano_de_dispositivo_uniformes/6_mvduct_Cap6_reductores_de_velocidad.pdf
- MILLAN CADENA, J. y. (2013). *Influencia de la velocidad de operación y diseño geométrico en la accidentalidad caso de Avenida Circunvalar en el tramo comprendido entre la Parroquia Nuestra Señora de Egipto y la entrada de Monserrate, Sentido sur- norte*. Universidad La Gran Colombia. Bogotá, Colombia: Facultad de Ingeniería.
- Nedzesk, A. y. (2004). *A comparative study of speed humps, speed slots and speed cushions*. California: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Sociedad Global de Seguridad Vial. (2008). *Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomas decisiones y profesionales*. Ginebra: GRSF.

ANEXOS

