

**APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES DEL
HIGHWAY SAFETY MANUAL A DOS TRAMOS DE ALTA ACCIDENTALIDAD EN
BUCARAMANGA.**

LUZ YESENIA GARCÍA CHACÓN

PAULA KATHERIN ORTIZ SUÁREZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL DE BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERIAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2019

**APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES DEL
HIGHWAY SAFETY MANUAL A DOS TRAMOS DE ALTA ACCIDENTALIDAD EN
BUCARAMANGA.**

LUZ YESENIA GARCÍA CHACÓN

PAULA KATHERIN ORTIZ SUÁREZ

Proyecto de Grado para optar por el título de Ingeniero Civil

DIRECTOR:

PhD. JULIAN ANDRE GALVIS FLOREZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL DE BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERIAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2019

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. Delimitación del Problema.....	18
2. Antecedentes	20
3. Justificación.....	25
4. Objetivos	26
4.1. Objetivo general.	26
4.2. Objetivos específicos.....	26
5. Marco teórico	27
5.1. Seguridad vial.....	27
5.2. Análisis descriptivos y análisis predictivos cuantitativos.....	30
5.3. Highway Safety Manual (HSM).....	30
5.3.1. Aplicaciones.....	30
5.3.2. Organización del HSM.	31
5.3.3. Partes del HSM.....	32
5.3.4. Elementos fundamentales del modelo predictivo.....	33
5.3.5. Pasos del método predictivo.....	35
6. Metodología	42
6.1. Recopilación de información de accidentalidad de los tramos de estudio. 42	
6.1.1. Ubicación y descripción del sitio de estudio.....	42
6.1.2. Ubicación de los puntos de aforo.....	51
6.1.3. Seguridad de los tramos de estudio.....	52
6.2. Aplicación del método predictivo del HSM.....	53

6.2.1.	Calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.	53
6.2.2.	Carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.	81
7.	Resultados y discusión.....	106
7.1.	Calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.....	106
7.1.1.	Escenario base.	106
7.1.2.	Escenario futuro.....	107
7.2.	Carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.....	109
7.2.1.	Escenario base	109
7.2.2.	Escenario futuro.....	110
7.3.	Propuestas sobre cultura ciudadana.	111
8.	Conclusiones.....	115
9.	Recomendaciones	117
10.	Referencias.....	119
ANEXOS		122

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general.	54
Tabla 2. Resumen de los CMF para segmentos de vía del capítulo 12 del HSM.	60
Tabla 3. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	65
Tabla 4. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	66
Tabla 5. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	66
Tabla 6. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	67
Tabla 7. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	67
Tabla 8. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	68
Tabla 9. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	68
Tabla 10. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	69
Tabla 11. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	69
Tabla 12. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	70
Tabla 13. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	71
Tabla 14. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	75

Tabla 15. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	75
Tabla 16. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	76
Tabla 17. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	76
Tabla 18. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	77
Tabla 19. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	78
Tabla 20. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	78
Tabla 21. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	79
Tabla 22. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	79
Tabla 23. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	80
Tabla 24. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.....	81
Tabla 25. Información general.	82
Tabla 26. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	88
Tabla 27. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	88
Tabla 28. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	89
Tabla 29. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	90
Tabla 30. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	90

Tabla 31. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	91
Tabla 32. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	91
Tabla 33. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	92
Tabla 34. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	92
Tabla 35. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	93
Tabla 36. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.....	94
Tabla 37. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	99
Tabla 38. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	99
Tabla 39. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	100
Tabla 40. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	101
Tabla 41. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	101
Tabla 42. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	102
Tabla 43. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	102
Tabla 44. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	103
Tabla 45. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	103

Tabla 46. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.	104
Tabla 47. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.....	105
Tabla 48. Resultados para un escenario base en el 2019.	106
Tabla 49. Resultados para un escenario base en el 2023.	106
Tabla 50. Resultados para un escenario base en el 2028.	107
Tabla 51. Resultados para un escenario futuro en el 2019.....	107
Tabla 52. Resultados para un escenario futuro en el 2023.....	108
Tabla 53. Resultados para un escenario futuro en el 2028.....	108
Tabla 54. Resultados para un escenario base en el 2019.	109
Tabla 55. Resultados para un escenario base en el 2023.	109
Tabla 56. Resultados para un escenario base en el 2028.	110
Tabla 57. Resultados para un escenario futuro en el 2019.....	110
Tabla 58. Resultados para un escenario futuro en el 2023.....	111
Tabla 59. Resultados para un escenario futuro en el 2028.....	111
Tabla 60. Aforo del punto A1 en el barrio de Provenza para el movimiento este-oeste.	123
Tabla 61. Aforo en el punto A1 en el barrio Provenza para el movimiento oeste-este.	124
Tabla 62. Aforo en el punto A2 en el barrio de Provenza para el movimiento este-oeste.	125
Tabla 63. Aforo en el punto A2 en el barrio de Provenza para el movimiento oeste-este.	126
Tabla 64. Total de vehiculos por movimiento para el aforo A1 en el barrio Provenza.	127
Tabla 65. Total de vehiculos por movimiento para el aforo A2 en el barrio Provenza.	128
Tabla 66. Volumen horario de máxima demanda para el aforo A1 en el barrio Provenza.	128

Tabla 67. Volumen horario de máxima demanda para el aforo A2 en el barrio Provenza.	129
Tabla 68.. TPDA del barrio Provenza.....	129
Tabla 69. Aforo del punto A1 en el barrio de San Alonso para el movimiento norte-sur.	130
Tabla 70. Aforo del punto A2 en el barrio de San Alonso para el movimiento norte-sur.	131
Tabla 71. Total de vehiculos para el aforo del punto A1 en el barrio de San Alonso.	132
Tabla 72. Total de vehiculos para el aforo del punto A2 en el barrio de San Alonso.	132
Tabla 73. Volumen horario máxima demanda para el aforo del punto A1 en el barrio de San Alonso.....	133
Tabla 74. Volumen horario máxima demanda para el aforo del punto A2 en el barrio de San Alonso.....	133
Tabla 75. TPDA del barrio de San Alonso.	133
Tabla 76.Tabla 12-3 del HSM, SPF coeficientes para accidentes de múltiples vehículos sin accesos en segmentos de vía.	134
Tabla 77.Tabla 12-4 del HSM, distribución de accidentes de múltiples vehículos sin accesos.....	134
Tabla 78. Tabla 12-5 del HSM, SPF coeficientes para accidentes de un solo vehículo en segmentos de vía.....	135
Tabla 79.Tabla 12-6 del HSM, Distribución de accidentes de un solo vehículo para segmentos de vía por tipo de accidente.....	135
Tabla 80.Tabla 12-7 del HSM, SPF coeficientes para accidentes de múltiples vehículos relacionados con los accesos en segmentos de vía.	136
Tabla 81. Tabla 12-8 del HSM, factor de ajuste accidentes peatonales para segmentos de vía.	136
Tabla 82. Tabla 12-9 del HSM, factor de ajuste accidentes bicicletas para segmentos de vía.	137

Tabla 83. Tabla 12-19 del HSM, valores de f_{pk} usados para determinar el CMF para estacionamiento en la calle.	137
Tabla 84. Tabla 12-20 del HSM, factor de desplazamiento de objetos fijos.....	137
Tabla 85. Tabla 12-21 del HSM, proporción de accidentes por objetos fijos.	138
Tabla 86. Tabla 12-22 del HSM, CMF para ancho de mediana de segmentos de vía divididos.	138
Tabla 87. Tabla 12-23 del HSM, Proporciones de accidentes nocturnos para segmentos de carreteras sin iluminación.	138
Tabla 88. Velocidad de punto del barrio Provenza.....	139
Tabla 89. Velocidad de punto del barrio San Alonso.	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Los agentes clave de la seguridad vial.	28
Figura 2. Resumen de los pasos del método predictivo.....	41
Figura 3. Tramo de estudio calle 105, desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – barrio Provenza.	43
<i>Figura 4. Carrera 23 con calle 105.....</i>	43
Figura 5. Calle 105 entre carrera 23 y 22.....	43
Figura 6. Calle 105 entre carrera 23 y 22.....	44
Figura 7. Calle 105 entre carrera 23 y 22.....	44
Figura 8. Calle 105 entre carrera 23 y 22.....	44
Figura 9. Calle 105 con carrera 22.....	44
Figura 10. Calle 105 entre carrera 22 y 21.....	45
Figura 11. Calle 105 entre carrera 20 y rotonda	45
Figura 12. Calle 105 entre carrera 21 y 22.....	45
Figura 13. Calle 105 entre carrera 22 y 23.....	45
Figura 14. Calle 105 entre carrera 23	46
Figura 15. Tramo de estudio carrera 30 entre calles 14 y 18 -barrio San Alonso.	46
Figura 16. Carrera 30 con rotonda.....	47
Figura 17. Carrera 30 entre calle 14 y 16 -Barrio San Alonso.....	47
Figura 18. Carrera 30 entre calle 14 y 16 -Barrio San Alonso.....	47
Figura 19. Carrera 30 entre calle 14 y 16 -Barrio San Alonso.....	47
Figura 20. Carrera 30 con calle 16.....	48
Figura 21. Carrera 30 con calle 16.....	48
Figura 22. Carrera 30 con calle 17.....	48
Figura 23. Carrera 30 con calle 18.....	48
Figura 24. Tramo de estudio barrio de Provenza.	49
Figura 25. Tramo de estudio barrio de San Alonso.....	50
Figura 26. Esquema de los puntos de aforo para el tramo ubicado en el barrio Provenza.	51

Figura 27. Esquema de los puntos de aforo para el tramo ubicado en el barrio San Alonso.	51
Figura 28. Fila de tachas solares adelante y atrás de la cebra	113
Figura 29. Valla publicitaria sobre el andén	113
Figura 30. Valla publicitaria de poste a poste	114

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Aforos calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.	123
Anexo 2. Total de vehículos por movimiento de la calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.	127
Anexo 3. Volumen horario de máxima demanda (VHMD) de la calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.	128
Anexo 4. TPDA de la calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.	129
Anexo 5. Aforos de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.	130
Anexo 6. Total de vehículos por movimiento de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.	132
Anexo 7. Volumen horario de máxima demanda (VHMD) de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.	133
Anexo 8. TPDA de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.	133
Anexo 9. Tablas de SPF para accidentes de múltiples vehículos sin acceso de la parte C del HSM.	134
Anexo 10. Tablas de SPF para accidentes de un solo vehículo de la parte C del HSM.	135
Anexo 11. Tablas de SPF para accidentes de múltiples vehículos relacionado con los accesos de la parte C del HSM.	136
Anexo 12. Tablas de SPF para accidentes de vehículo-peatón de la parte C del HSM.	136
Anexo 13. Tablas de SPF para accidentes vehículo-bicicleta de la parte C de la HSM.	137
Anexo 14. Tablas de CMF para estacionamiento en la calle.	137
Anexo 15. Tablas de CMF para objetos fijos en la vía.	137
Anexo 16. Tablas de CMF para ancho de mediana.	138
Anexo 17. Tablas de CMF para iluminación.	138

Anexo 18.	Velocidades de punto.....	139
------------------	---------------------------	-----

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES DEL HIGHWAY SAFETY MANUAL A DOS TRAMOS DE ALTA ACCIDENTALIDAD EN BUCARAMANGA.

AUTOR(ES): Luz Yesenia García Chacón
Paula Katherin Ortiz Suárez

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Julian Andre Galvis Flórez

RESUMEN

En la actualidad el mejoramiento de la seguridad vial es uno de los desafíos que enfrentan la ingeniería civil y las entidades estatales, en donde la búsqueda de metodologías y estrategias efectivas para la disminución de accidentalidad se vuelven indispensables. Debido al aumento de víctimas por accidentes de tránsito, la Organización de Naciones Unidas motivó el "Mejoramiento de la seguridad vial en el mundo" e incentiva a que los países miembros propongan nuevas alternativas. En cuanto a Colombia por medio del Plan Nacional de Seguridad Vial crea objetivos para la reducción víctimas fatales por accidente de tránsito, ya que esto involucra la salud pública, la seguridad de los ciudadanos y la movilidad del país. Por tal motivo en este documento se evalúa la efectividad de los reductores de velocidad ubicados en el barrio San Alonso y la rejilla instalada en la mediana ubicada en el barrio Provenza, con la ejecución del Highway Safety Manual se observó que su efectividad ha sido pertinente, ya que se logró establecer que los efectos muestran una disminución de accidentalidad de un 40% y 1,0% respectivamente. Para mejorar esos porcentajes se requiere adaptar el Highway Safety Manual a la forma en la que interactúan los usuarios en Colombia. El estudio permite concluir que la instalación de los reductores de velocidad es el que tiene mayor impacto en la disminución de la accidentalidad, por lo tanto, cabe resaltar que la cultura ciudadana es el oponente principal en la reducción de la siniestralidad vial.

PALABRAS CLAVE:

Función de desempeño de seguridad, factores de modificación de accidentes, seguridad vial, cultura ciudadana, método predictivo.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: APPLICATION OF THE CRASH MODIFICATION FACTORS THE HIGHWAY SAFETY MANUAL TO TWO SECTIONS OF HIGH ACCIDENTALITY IN BUCARAMANGA

AUTHOR(S): Luz Yesenia García Chacón
Paula Katherin Ortiz Suárez

FACULTY: Faculty of Civil Engineering

DIRECTOR: Julian Andre Galvis Flórez

ABSTRACT

At present, the improvement of road safety is one of the challenges faced by civil engineering and state entities, the search for effective methodologies and strategies to reduce accidents become indispensable. Due to the increase in traffic accident victims, the United Nations motivated the "Improving global road safety" and encourages member countries to propose new alternatives. As for Colombia, through the Plan Nacional de Seguridad Vial, it creates objectives for the reduction of fatalities due to traffic accidents, since this involves public health, citizen safety and mobility in the country. For this reason, this document evaluates the effectiveness of the speed reducers located in the San Alonso and the grid installed in the median located in the Provenza, with the implementation of the Highway Safety Manual it was observed that its effectiveness has been relevant, since it was possible to establish that the effects show an accident reduction of 40% and 1.0% respectively. To improve these percentages, it is necessary to adapt the Highway Safety Manual to the way in which users interact in Colombia. The study allows to conclude that the installation of the speed reducers is the one that has the greatest impact on the reduction of the accident rate, therefore, it should be noted that the citizen culture is the main opponent in the reduction of road accidents.

KEYWORDS:

Safety performance functions, crash modification factors, road safety, citizen culture, predictive method.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

La siniestralidad vial se ha convertido en una de las problemáticas con mayor influencia a nivel mundial debido a que el número de víctimas fatales que deja año tras año es tan considerable que se ubica en una de las causas más importantes de muerte en el mundo, es inadmisibles apartar la vista de esta problemática, por tal motivo las entidades de tránsito continuamente utilizan metodologías y estrategias para prevenir los accidentes. Para iniciar con este proyecto se escogieron dos corredores viales con el fin de reducir los niveles de accidentalidad presentes en ellos, para esto se implementó el manual de seguridad *Highway Safety Manual* que permitió evaluar las medidas correctivas que se habían implementado en los sitios de estudio y de esta manera verificar la efectividad por medio del método predictivo, se realizó visitas de campo para observar las problemáticas que se presentan en los tramos, en el cual se efectúa un estudio por medio del método predictivo que consiste en evaluar el antes y después de implementar las medidas correctivas los cuales son la rejilla en la mediana en el barrio Provenza y los reductores de velocidad en el barrio San Alonso, igualmente por medio de las visitas de campo se determinó que los trayectos contaban con una adecuada señalización vial, debido a que anteriormente habían tenido la intervención de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, teniendo en cuenta que a pesar de las medidas preventivas la problemática sigue presente en los recorridos viales se considera que la seguridad vial es una tarea cooperativa en donde tanto agentes de tránsito y transporte como usuarios de las vías deben ser partícipes, trabajar en conjunto con el fin de que la movilidad sea armoniosa y duradera. Es por este motivo que se realizan propuestas relacionadas con la cultura ciudadana, las cuales tiene la intención de concientizar la responsabilidad que tienen los usuarios en su propia seguridad vial, estas sugerencias tienen el propósito de combatir los malos hábitos que tienen en las vías algunas personas y así prevenir el aumento de accidentes en las zonas.

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Dado que aproximadamente 1,2 millones de personas mueren en las vías cada año y es continuo el aumento de víctimas de accidentes de tránsito en todo el mundo, la ONU expreso su preocupación por medio de la resolución 60/5 aprobada el 26 de octubre de 2005 titulada “Mejoramiento de la seguridad vial en el mundo” que incita a los Estados Miembros a continuar las propuestas de seguridad vial existentes y sugerir nuevas alternativas [1]. En cuanto a Colombia el Plan Nacional de Seguridad Vial tiene como objetivo general la reducción del número de víctimas fatales por accidente de tránsito en un 26% para el 2021, ya que involucran la salud pública, la seguridad de los ciudadanos y la movilidad del país. [2]

En el 2018 la nación registró 6.476 fallecidos en accidentes de tránsito, donde los motociclistas representan el 48.3%, los peatones el 24%, usuarios de vehículos el 13% y los usuarios de bicicletas el 6%. En este mismo año el departamento de Santander reconoció 304 víctimas fatales. [3]

Asimismo, la ciudad de Bucaramanga enfrenta la misma problemática del resto del país, un sistema vial que afecte la vida, la salud y calidad de vida no debe aceptarse socialmente, puesto que se presentaron 61 víctimas fatales en el 2018 con un incremento del 22% con respecto al 2017 [4]. Por esto, uno de los principios básicos para mejorar la seguridad vial de un lugar es la aplicación de un método el cual se adapte a los errores, la vulnerabilidad y las necesidades de los usuarios, [5] donde la búsqueda de soluciones efectivas es imprescindible.

Entre el gran número de tramos viales que existen en Bucaramanga se seleccionaron el de la Calle 105 desde la Carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza y Carrera 30 entre calles 14 y 18 -Barrio San Alonso, según las estadísticas arrojadas en el 2018 el número de accidentes en cada tramo fue de 165 y 91 respectivamente. Para la reducción de accidentalidad de los tramos seleccionados se aplicará la metodología del *Highway*

Safety Manual (HSM) para hallar los factores de modificación de accidentes (CMF), ya que sirven como una estimación de la efectividad de la intervención o cambios del diseño.

2. ANTECEDENTES

En primer lugar, se consultó el proyecto de grado de Larieth A. Pérez E. y Ángela P. Esteban M. (2012) denominado “Obtención de factores modificación de accidentes empleando *el Highway Safety Manual* para el mejoramiento de la seguridad vial en las intersecciones adyacentes a la carrera 21 con calle 11 en Bucaramanga”, en este proyecto analizaron el estado de la intersección de la carrera 21 con calle 11 en Bucaramanga debido a su alta accidentalidad. Para la metodología comenzaron con una recolección de datos adquiridos de la dirección de tránsito, asimismo los estudios de Seguridad Vial en la zona a cargo de la Corporación Fondo de Prevención Vial, además caracterizaron el sitio por medio de inspecciones visuales y conjuntamente aplicaron la metodología de *Highway Safety Manual* para determinar los factores de modificación de accidentes (CMFs) y las funciones de desempeño de seguridad SPFs, de esa manera predecir el número de accidentes para las condiciones de la vía en el momento y las futuras. En el análisis de resultados apreciaron un aumento o disminución de las frecuencias de colisiones, por lo tanto, llegaron a las conclusiones sobre el nivel de efectividad de las propuestas, en el caso de este estudio sugirieron una intersección semaforizada que dio como resultado un decremento del 79% de los choques en comparación al del momento del estudio, una intersección con parada controlada. [6]

Asimismo, se consultó el estudio de Juneyoung Park y Mohamed Abdel-Aty (2017) denominado “*Safety performance of combinations of traffic and roadway cross-sectional design elements at straight and curved segments*” este estudio desarrollo varios factores de modificación de accidentes (CMFs) para combinaciones de tráfico y elementos de la sección transversal en tramos rectos o curvas horizontales de la vía, utilizando el método *cross-sectional*. Para el análisis se identificaron 2,816 segmentos de vía rural de dos carriles con 6,101.947 km (3,791.574 mi) de longitud, dado que el HSM (*Highway Safety Manual*) sugiere que para el método *cross-sectional*, se necesitan de 3 a 5 años de datos

de accidentalidad para desarrollar modelos de predicción de accidentalidad, recolectaron cinco años (2008-2012) de datos de accidentalidad, datos de tráfico y las características de las vías. Estos datos los obtuvieron de las bases de datos históricas del *Crash Analysis Resource System* (CARS) y *Roadway Characteristics Inventory* (RCI). Ambas bases de datos son mantenidas por el *Florida Department of Transportation* (FDOT). Los resultados del estudio indicaron que, al aumentar el ancho del carril, el ancho de la berma, y su combinación son efectivos para la reducción de la frecuencia de accidentalidad. En particular, encontraron que la frecuencia de choques disminuye a medida que aumenta el ancho del carril hasta 3.51 m (11.5 pies) de ancho y aumenta a medida que el ancho del carril supera los 3.51 m. Las tasas de accidentalidad comienzan a disminuir nuevamente después de 3.81 m (12.5 pies). Los resultados también indican un impacto significativo entre la relación de los anchos de carril y las bermas en segmentos de curvas horizontales, mientras que en segmentos rectos no es significativo. También hallaron que los CMF al aumentar el ancho de los carriles y las bermas disminuyen a medida que aumenta el nivel del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Sobre los resultados que hallaron en el estudio, recomendaron aplicar la metodología propuesta para utilizar las GNM (Modelos No-lineales Generalizados) con condiciones relacionadas con el método de la *cross-sectional* para estimar CMF más precisos para cambios individuales y combinaciones, además reflejar la no-linealidad de predicciones de choques e impactos en la interacción de variables. [7]

Del mismo modo se consultó el estudio de Jiguang Zhao, Chad Polk, James Ritter y Kim Kolody Silverman (2017) denominado “*Safety Performance of Shoulder Rumble Stripes on Rural Roadways*”, este estudio calcula factores de modificación de accidentes (CMF) para la implementación de bandas sonoras o rugosas en el eje de la vía y en el borde de la calzada, ensanchamiento de las bermas (de 0 a 2 pies) y repavimentación a más de 400 millas de vía rural de dos carriles, utilizando el método de antes/después de *Empirical Bayesian* (EB), para mejorar el rendimiento de seguridad Missouri *Department of Transportation* (MoDOT) decide implementar los procesos mencionado anteriormente, esto con el propósito de reducir los accidentes por salida de la vía en carreteras rurales

de dos carriles dado que en el 2014 hubo 17,791 muertes por ese tipo de accidente lo que para el país de Estados Unidos representa el 54% de las muertes de tránsito, para evaluar el rendimiento de seguridad utilizan como metodología el estudio del antes/después, sin embargo, en el artículo menciona que este tipo de estudio del antes/después puede sobreestimar los beneficios de seguridad de la mejora o tratamiento realizado, ya que no puede explicar el sesgo de *regression-to-the-mean* (RTTM) y los cambios de volumen de tráfico en el periodo posterior, el HSM (*Highway Safety Manual*) recomienda que para superar el sesgo de RTTM se use el método EB para realizar estudios observacionales de antes/después, lo cual este estudio hizo. Además los CMF se calcularon para 20 categorías de combinaciones de diferente severidad de choques y/o tipo de colisión, para calcular estos CMF identificaron vías que estuvieran en la jurisdicción de MoDOT que hubieran recibido las mejoras en la vía mencionadas anteriormente, después recopilaron datos de la geometría de la vía, volumen de tráfico y accidentalidad, para cada segmento de la vía se recogieron 3 años de datos, debido a que los cambios o tratamientos en los segmentos se implementaron en diferentes años el periodo de antes/después de los segmentos fueron diferentes, el primer periodo de *antes* fue de 2004, mientras que para el último periodo de *después* fue en el 2014. Los resultados indicaron que los cambios realizados en la vía son efectivos según los CMF y los errores estándar para mayoría están por debajo de 0,100 indican una alta calidad en los CMF que calcularon, además aseguran que el método de EB antes/después da resultados más confiables, debido a los resultados de los errores estándar. [8]

Igualmente se consultó el estudio de Jiaqi Ma, Michael D. Fontaine, Fang Zhou, Jia Hu, David K. Hale y Michael O.Clements (2016) denominado "*Estimation of crash modification factors for an adaptive traffic-signal control system*" este estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de seguridad de *Adaptive traffic-signal control* (ATSC) utilizando el método *Empirical Bayesian* (EB). El ATSC es una estrategia de gestión de tráfico en que los tiempos de las señales de tráfico cambian dependiendo de la demanda de tráfico, no solo esta estrategia mejora la movilidad, sino que puede reducir el nivel de

accidentalidad de un sitio al reducir las paradas de la vía principal. El análisis se realizó para 47 intersecciones urbanas o suburbanas en donde se implementó ATSC en Virginia, a cada sitio se recolectaron 5 años de datos *antes* y entre 1-2 para los *después*, es decir unos 235 años-sitio de datos *antes* y 66 años-sitio de datos *después*. Hallaron que la instalación de ATSC da como resultado un CMF de 0,83 con un error estándar de 0,05. Sin embargo, en cuanto el nivel de accidentalidad fatales y por lesiones no cambiaron en una cantidad estadísticamente significativa, lo cual indica que el mayor beneficio de ATSC fue la reducción de accidentalidad por daños materiales. Asimismo, realizaron análisis para los efectos por tipos de accidentalidad, nivel de volumen de tráfico y por una mejora operacional. Concluyeron que la instalación de ATSC puede reducir potencialmente el nivel de accidentalidad totales en las intersecciones de las vías y por lo tanto se debería de considerar sus beneficios de seguridad y movilidad. [9]

Para finalizar, el estudio de Zhao Yang, Yuanyuan Zhang y Offer Grembek (2016) denominado “*Combining traffic efficiency and traffic safety in countermeasure selection to improve pedestrian safety at two-way stop controlled intersections*” el estudio se enfoca en mostrar un procedimiento en la que se pueda incorporar diversas variables en el análisis (como el rendimiento del tráfico, la seguridad y el medio ambiente), es decir, este estudio desarrollo un método para incorporar el rendimiento del tráfico en el proceso de selección de medidas correctivas de seguridad de tráfico (CM - *countermeasure*). Iniciaron con los cálculos de las ventajas economías de cuatro mejoras en la seguridad y rendimiento, de los peatones en los cruces peatonales de las calles principales con una intersección con parada controlada de dos vías (TWSC - *Two-Way Stop Controlled Intersection*), analizaron parámetros fundamentales, como la capacidad vehicular, capacidad peatonal y la tasa de rendimiento del conductor, contrarrestar el retraso promedio del vehículo y el peatón. A cada CM se le calcularon las funciones de desempeño de seguridad (SPF) y los factores de modificación de accidentes (CMF). Por último, utilizaron el método EUAR (*Equivalent Uniform Annual Return*) para combinar los efectos compensatorios del rendimiento y la seguridad mediante la evaluación de cada CM. Para al análisis de incertidumbre usaron el método de Monte Carlo (MC). Los

resultados indicaron que CM pueden tener efectos de compensación para peatones y conductores. Además, los impactos del rendimiento representaron una gran proporción de los impactos totales, lo que puede afectar significativamente la selección de MC. El estudio demuestra el proceso detallado de evaluación de proyectos considerando múltiples objetivos para múltiples usuarios de la vía. [10]

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el mejoramiento de la seguridad vial es uno de los desafíos que enfrentan la ingeniería civil y las entidades estatales, en donde la búsqueda de metodologías y estrategias efectivas para la disminución de accidentalidad se vuelven indispensables.

Por este motivo se decide el uso de la metodología del *Highway Safety Manual* (HSM) el cual permite el análisis de fallas ya sea en fases de planeación, diseño, construcción o en funcionamiento de la vía, por lo cual su metodología tiene una contribución en el estudio de eficiencia para las propuestas de prevención y corrección de seguridad vial [11].

Al igual que el resto del mundo la ciudad de Bucaramanga enfrenta las mismas dificultades en seguridad vial debido a que en el 2018 se presentaron un total de 3.884 accidentes el cual aumento en un 2% con respecto al 2017 [4].

Entre los puntos de alta accidentalidad de la ciudad de Bucaramanga se hallaron los tramos Calle 105 desde la Carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza y Carrera 30 entre calles 14 y 18 -Barrio San Alonso, estos representan el 4,25% y 2,34% respectivamente de los accidentes de tránsito de la ciudad; puntos de mayor importancia ya que se encuentran rodeados por establecimientos educativos [4].

Por consiguiente, este proyecto de grado aplicara la metodología del HSM utilizado el Modelo Predictivo para determinar la eficiencia de las propuestas a realizadas en los tramos mencionados anteriormente como beneficio de los usuarios de las vías y de esta manera disminuir el nivel de accidentalidad.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general.

Plantear soluciones para reducir la alta accidentalidad de dos tramos viales en Bucaramanga calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza y la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso aplicando los factores de modificación de accidentes del *Highway Safety Manual*.

4.2. Objetivos específicos.

- Recopilar información de accidentalidad de los tramos a partir de la información suministrada por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.
- Realizar medición de velocidades, aforos vehiculares, deficiencias técnicas de la infraestructura vial, diseño geométrico, señalización, superficie de rodadura y mobiliario vial en las intersecciones seleccionadas.
- Proponer alternativas de solución para corregir falencias y disminuir la accidentalidad del lugar.
- Emplear la metodología del *Highway Safety Manual* para determinar los factores de modificación de accidentes.
- Evaluar las propuestas planteadas para disminuir la problemática de accidentalidad vial y así lograr la eficiencia de estos tramos viales.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Seguridad vial.

Con el crecimiento de la infraestructura vial aumentan también el número de accidentes año tras año, sin embargo, por la continua repetición de accidentes la sociedad ha llegado al punto de creer que es inevitable. El costo social del sistema de transporte actual es incluso mayor que el reportado en estadísticas de accidentes viales, [12] los accidentes de tráfico representan la octava causa de muerte en el mundo, puesto que el número de muertes anuales por accidentes de tránsito ha alcanzado los 1,35 millones, siendo la principal causa de muerte entre las personas de 5-29 años, los usuarios más vulnerables son los peatones, ciclistas y motociclistas [13]. Entre los planteamientos básicos para la seguridad vial se tiene claro que los actores o agentes incluyentes en ella juegan un papel importante en el momento de reducir el riesgo de lesiones y muertes acusadas en los siniestros viales. Dejando atrás las épocas donde la responsabilidad de la seguridad vial recaía exclusivamente en las administraciones de tránsito y transporte o sobre el conductor y los usuarios de las vías. La cooperación complementaria de los diferentes agentes es necesaria y debe tener lugar en todo el proceso de seguridad vial, partiendo de la identificación del problema se revisara cuales son las acciones e intervenciones y por su puesto su aplicación. [14]

Se encuentra la paradoja, porque son las autoridades las responsables a nivel global de la siniestralidad vial si cada usuario es responsable de sus actos y decisiones, aunque sean ellas las encargadas de supervisar el cumplimiento de las normas, apliquen sanciones por el incumplimiento y tengan el control de todos los factores que influyen en el sistema. [14]

La OMS (Organización Mundial de la Salud) declara que los accidentes son ante todo un problema multisectorial y de salud pública, lo que con lleva a pensar que la seguridad vial no es accidental es un problema causado por el ser humano por lo tanto se puede prevenir y predecir solo es cuestión de hacer un análisis racional y aplicar medidas

correctivas. La aceptación de los malos hábitos de los usuarios de la malla vial se ha vuelto común el peatón transita por donde quiere y el conductor solo se preocupa por avanzar en su automóvil. En el diseño de sistemas de tránsito debería ser un parámetro determinante la vulnerabilidad del cuerpo humano, los traumatismos causados por el tránsito son una equidad social donde cabe resaltar que todos los usuarios de la vía publica deben ser tratados por igual y en lo posible evitar que los peatones y ciclistas padezcan traumatismos y sean expuestos a ser afectados por vehículos con motor. [14]

La creación de alianzas entre agentes claves de la seguridad vial es uno de los aspectos importantes para la OMS y se ilustran en la siguiente figura. [14]

Figura 1. Los agentes clave de la seguridad vial.



Fuente: Educación y seguridad vial. La aportación de los agentes sociales en la movilidad segura. [14]

La importancia de la implicación de todos los agentes sociales incluidos los usuarios de las vías son imprescindible en el diseño de medidas de seguridad vial y por su puesto la implementación, el seguimiento y la evaluación de estas. La participación activa de los usuarios, además de beneficiarse, también sirve para crear un sentido de pertenencia en

relación con las labores de seguridad vial, factor clave para alcanzar el éxito en la lucha contra la siniestralidad. [14]

La seguridad vial no puede ser una responsabilidad exclusiva de los gobiernos puesto que esta es una responsabilidad compartida, lo que conlleva a fomentar una concientización, tanto en el sector público como en el privado de la necesidad de una estrategia coordinada de las medidas concretas de seguridad vial por medio de campañas y elementos de presión. El sector comercial, las organizaciones de servicio y las instituciones no gubernamentales deben jugar un papel activo en la implementación de las medidas correctivas de seguridad vial buscando que las soluciones se trasmitan y lleguen a cada uno de los usuarios de las vías de circulación. [14]

El planteamiento basado en el campo de salud pública comparte muchos principios de los sistemas de gestión de la seguridad vial desarrollados por profesionales expertos en el tema todos encaminados hacia la prevención. El diagnóstico del problema, la investigación sobre las medidas adecuadas y su implementación, por último la evaluación de los resultados hace parte de los principios básicos creados para el mejoramiento de la seguridad vial desde una perspectiva de la salud. [14]

La clave estratégica en la seguridad vial es la prevención

Actualmente el transporte de mercancías, animales y personas es un derecho individual y colectivo, manteniendo la seguridad y la permanencia de la circulación, pues la movilidad tiene como objetivo la fluidez, la libertad de movimiento y la seguridad, pero cuando estos objetivos no son alcanzados, es donde aparecen los siniestros y en consecuencia está siendo afectada la seguridad vial. La sociedad debe ser responsable y tomar conciencia para darle un alto a las secuelas negativas de la inseguridad vial. La prevención vial, el actuar antes de que ocurra algún accidente debería ser la clave y el objetivo que envuelva a políticos, instituciones y comunidad social. Comúnmente la prevención vial se ha basado en el aprendizaje a partir de los accidentes, en donde se conocen sus causas y con base a esto se adoptan medidas para reducirlos y erradicarlos. Es así como la cultura preventiva se convertirá en alternativa e inversión para la

seguridad ya que se evitan muchos costos económicos, físicos, psicológicos, ambientales y sociales. La prevención de seguridad vial solo puede ser vista desde un panorama global e integral donde la educación juega un papel esencial y definitivo. [14]

5.2. Análisis descriptivos y análisis predictivos cuantitativos.

En cuanto el análisis descriptivo es un método tradicional que consiste la recopilación de información de accidentalidad vial junto al tipo o severidad del mismo, de igual modo tasas de accidentes, frecuencia y daños materiales. En cuanto el análisis predictivo cuantitativo se emplea para calcular el número proyectado y severidad de accidentalidad con características geométricas y operacionales similares, en infraestructuras existentes, futuras o alternativas de diseño vial. [15]

5.3. Highway Safety Manual (HSM)

El *Highway Safety Manual* publicado en el 2006 por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) es un medio que facilita la toma de decisiones para los ingenieros puesto que reúne conocimientos y métodos analíticos para determinar, calcular y valorar las vías por medio de la frecuencia de choques y de severidad, ya sea en las fases de planeación, diseño, construcción, funcionamiento o mantenimiento. [11]

Las agencias estatales y locales de Estados Unidos se siguen esforzando por la implementación del HSM, sin embargo, una de las dificultades de su ejecución en las etapas iniciales son los requisitos de recolección de datos para el método predictivo. [16]

5.3.1. Aplicaciones

El HSM incluye las siguientes aplicaciones: [15]

- Identificar las zonas con mayor potencial de reducción de frecuencia o severidad de accidentes

- Reconocer cuales son los factores que ayudan a los accidentes y las posibles medidas correctivas para afrontar esta problemática.
- Analizar los costos de las mejoras y dar prioridad a los proyectos.
- Analizar qué tan favorable es la disminución de accidentes con base a las propuestas ejecutadas
- Calcular la huella que dejan varias alternativas de diseño en las frecuencias de accidentalidad y su severidad
- Estimar para la planificación, diseño y operación la capacidad de los efectos de frecuencia y severidad en la accidentalidad

El HSM además de ser empleado para estimar la eficiencia de seguridad de un sitio, también se usa en los proyectos destinados a la mejora de la capacidad de la vía e infraestructura para peatones. [15]

5.3.2. Organización del HSM.

El HSM está organizado por partes como se puede observar a continuación: [15]

- Parte A: Introducción, factores humanos y fundamentos.
- Parte B: Procedimiento de gestión de la seguridad vial.
- Parte C: Método predictivo.
- Parte D: Factores de modificación de accidentes.

Se recomienda iniciar la lectura con la Parte A, debido a que presenta conceptos básicos sobre accidentalidad, una introducción general sobre el HSM como el método predictivo y los factores de modificación de accidentes, en cuanto el resto de partes que conforman el HSM se puede leer en cualquier orden, esto ya depende del propósito del proyecto a cual se aplicara.

5.3.3. Partes del HSM.

Parte A: Introducción, Factores Humanos y Fundamentos.

La parte A está conformada por tres capítulos el cual tiene el propósito de brindar una introducción sobre el HSM, prosigue con los factores humanos para indicar la importancia de comprender la forma en la cual influyen en los conductores al interactuar en la vía y finaliza con un resumen de los conceptos fundamentales, definiciones y el método predictivo juntos los modelos estadísticos que utiliza, como la función de desempeño de seguridad (SPF), los factores de modificación de accidentalidad (CMF) y el factor de calibración (Cr). [11]

Parte B: Procedimiento de gestión de seguridad vial.

Esta parte menciona un proceso para inspeccionar la vía, en seis pasos los cuales están plasmadas por capítulos, este proceso inicia con una evaluación de la red vial para identificar los puntos críticos y clasificarlos según su probabilidad de accidentalidad acompañado de un análisis basado en los datos históricos para identificar los patrones de accidentalidad de la red vial, continua con la selección de medidas correctivas la cual es un estrategia destinada a disminuir la frecuencia de accidentalidad o su severidad, el siguiente paso es una evaluación económica de cada medida correctiva para identificar los proyectos que son rentables económicamente y de esta manera priorizar proyectos que cumplan con los objetivos tales como costo, movilidad o sus impactos ambientales; y finaliza con una evaluación de la efectividad en la disminución de accidentalidad para las medidas correctivas seleccionadas. [11]

Parte C: Método predictivo.

En esta parte del HSM presenta un modelo predictivo para evaluar la frecuencia de choques promedios pronosticada ya sea para infraestructuras viales que incluyan vías rurales de dos carriles y doble sentido, vías rurales de varios carriles, además arterias

urbanas y suburbanas, los cuales constan de 18 pasos que dependiendo del proyecto algunos pasos pueden repetirse u omitirse. [11]

Este modelo predictivo incluye tres factores el SPF (función de desempeño de seguridad), el CMF (factores de modificación de accidentes) y el Cr (factor de calibración). [11]

Parte D: Factores de modificación de accidentes.

En esta parte se resumen los CMF disponibles junto las medidas de su fiabilidad, algunos de los CMF usados en esta sección se incluyen en la parte C y otros no se agregaron, sin embargo, pueden ser usados en el método predictivo de la parte C. [11]

5.3.4. Elementos fundamentales del modelo predictivo.

Función de desempeño de seguridad (SPFs- *Safety Performance Functions*)

Utilizan los modelos estadísticos “base” para estimar la frecuencia de choques en promedio para un tipo de infraestructura en un sitio en específico, con condiciones base específica en función del Tránsito Diario Promedio Anual (TPDA). [11]

Este método a su vez separa la frecuencia estimada por niveles de severidad de choques y tipo de colisión (como una colisión de un vehículo al salirse de la vía o choque trasera). [11]

El SPF en el HSM (*Highway Safety Manual*) se han desarrollado para tres tipos de infraestructuras, vías rurales de dos calzadas y dos carriles, arterias rurales de varios carriles y arteriales urbanas y suburbanas; y para sitios en específico de infraestructura como intersecciones señalizadas, intersecciones no señalizadas, tramos de vía divididos y tramos de vía no divididos. [11]

Los SPF son modelos de predicción de conteo de accidentalidad que se utiliza para identificar lugares de alto riesgo, para evaluar la seguridad vial antes y después de la implementación de las medidas correctivas y de esa manera comparar los diseños. [17]

Factores de modificación de accidentes (CMF- *Crash Modification Factors*)

El CMF se usa para comparar la efectividad debido a un cambio en una condición específica en comparación con la condición original, por lo tanto, puede servir como una estimación del impacto del diseño geométrico, control de tráfico así saber su efectividad del tratamiento en particular, intervención o acción. Los CMF se multiplican con la frecuencia de choque predicha por el SPF y así considerar la diferencia entre las condiciones del sitio y las sugerencias. [11]

Hay varias recopilaciones de CMF, por lo general sus valores son específicos de cada país, debido que a sus magnitudes se alteran por diferencias culturales en la conducción, la diversidad de vehículos e infraestructura. Hay estudios en donde comparan los CMF en diferentes países, por ejemplo, en el 2013 se realizó un estudio en los que revisaba las consecuencias de sustituir curvas de radios mínimos por curvas de radios grandes. En la comparación de los datos de los 8 países, el estudio demostró que hay una relación inversa entre el radio de la curva y el riesgo de colisión es similar en todos los países, excepto en las curvas muy definidas (radio de 50 metros o menos) donde los riesgos de accidentalidad varían ampliamente entre los diferentes países, siendo el más alto en Alemania y Estados Unidos, el más bajo en Noruega y Portugal. [18]

Factor de calibración

El SPF fue desarrollado por una investigación asociada al HSM con datos consistentes, sin embargo, por las condiciones locales o geográficas diferentes a las condiciones base de la investigación, es posible que la frecuencia de los choques cambie de forma sustancial dependiendo del sitio, a causa de las condiciones climáticas y al tipo de conductores. Es por este motivo que el factor de calibración es incluido en la

metodología del HSM para ajustar el SPF a las condiciones locales en las cuales se efectúa el proyecto. [11]

5.3.5. Pasos del método predictivo.

Paso 1. Definir los límites de la vía y el tipo de infraestructura a estudiar.

En este paso se definen los límites de la vía de estudio, teniendo en cuenta que el método predictivo puede ser aplicado a una red de carreteras, un segmento homogéneo o una intersección. [11]

El paso a seguir es establecer el tipo de carreteras que se presentan en el estudio, el HSM considera tres tipos de vía, los cuales son vías rurales de dos carriles y doble sentido, vías rurales de varios carriles, además arterias urbanas y suburbanas.

En el HSM especifica cinco tipos de segmentos de carreteras y cuatro intersecciones para carreteras arterias urbanas y suburbanas que tengan modelos predictivos, los cuales están definidos de la siguiente manera: [11]

- **Arterias de dos carriles sin división (2U):** una calzada de dos carriles y doble sentido con una sección transversal continua, sin presentar una barrera física por separación o una barrera.
- **Arterias viales de tres carriles (3T):** vía de tres carriles con una sección transversal continua de doble sentido el cual el carril central es bidireccional exclusivo para permitir a los vehículos girar a la izquierda.
- **Arterias de cuatro carriles sin división (4U):** una calzada de cuatro carriles y doble sentido con una sección transversal continua, sin presentar una barrera física por separación o una barrera.
- **Arterias de cuatro carriles divididos (4D):** una vía de dos carriles con una sección transversal con doble sentido de circulación, en el cual los carriles presentan una barrera física por separación o una barrera.

- **Arterias de cinco carriles (5T):** una calzada de cinco carriles y doble sentido de circulación con una sección transversal continua, el cual el carril central es bidireccional exclusivo para permitir a los vehículos girar a la izquierda.
- **Tres ramales con parada controlada (3ST):** es una intersección de una arteria urbana o suburbana y uno de sus ramales es una vía secundaria, en el ramal con menor circulación de vehículos se proporciona la señal de parada.
- **Intersección de tres ramales señalizados (3SG):** una intersección de una arteria urbana o suburbana y uno de sus ramales es una vía secundaria, el control de señalización se realiza por medio de semáforos.
- **Intersección de cuatro ramales con para controlada (4ST):** una intersección de una arteria urbana o suburbana y dos ramales son vías secundarias, se proporciona en ambos accesos señalización de parada.
- **Intersección de cuatro ramales señalizada (4SG):** una intersección con arteria urbana o suburbana y dos de sus ramales son vías secundarias, el control de señalización se realiza por medio de semáforos. [11]

Paso 2: Determinar el periodo de estudio.

El periodo de estudio se mide en años, estos años pueden ser periodos pasados o futuros, esto depende de la disponibilidad del TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) observados o pronosticados, además de los datos de accidentalidad, datos de diseño geométrico. [11]

Paso 3. Determinar el TPDA, la disponibilidad de datos de accidentalidad para cada año y los volúmenes de tránsito (para determinar si es aplicable el método *Empirical Bayesian*).

El TPDA se puede determinar con registros pasados o por medio de aforos para realizar una estimación, si se desea utilizar el método *Empirical Bayesian* este requiere tener disponibilidad de datos de TPDA para cada año del periodo de estudio. Además de determinar el TPDA en este paso se determinan los volúmenes anuales de tráfico diarios,

volúmenes peatonales de cruce y la disponibilidad de datos de accidentalidad del tramo de estudio. [11]

Paso 4. Determinar las características de diseño geométricas.

Se realiza una recopilación de datos de las características de diseño geométricas, del sitio y sus alrededores, de esta manera percibir si las condiciones base del SPF cambian y así saber si es aplicable el uso del CMF. [11]

Paso 5. Dividir la vía en segmentos homogéneos o intersecciones.

La vía de estudio se divide en segmentos homogéneos o intersecciones, para esto la metodología para realización consiste en que los segmentos comienzan en el centro de la intersección y terminan en el centro de la siguiente intersección o cuando hay un cambio en las características de la vía, un ejemplo de eso puede ser la presencia de iluminación o los límites de velocidad. [11]

Paso 6. Asignar los choques a los sitios individuales (si es aplicable).

Este paso es aplicable si en el paso 3 se estableció que el método *Empirical Bayesian* se usaría, de no ser empleado ese método continuar con el paso 7. En este paso si es posible a cada choque se posiciona en un lugar en específico, el criterio para realizar esto ya sea para segmentos o intersecciones está presente en la Parte C, Apéndice A.2.3. [11]

Paso 7. Seleccionar un segmento de vía o intersección de la red de estudio.

Del paso 5 la vía se dividió en segmentos homogéneos o intersecciones, en este paso se selecciona el primer segmento o el siguiente para ser evaluado, de no haber más segmentos para evaluar se continua con el paso 15. [11]

Paso 8. Seleccionar el primer año o el siguiente del periodo de estudio.

Se selecciona el primer año o el siguiente del periodo de estudio, de no haber más años para ser avaluado se continúan con el paso 14. Los pasos del 8 al 14 se repiten para cada año y segmento de estudio. [11]

Paso 9. Aplicar el SPF apropiado para el tipo de infraestructura.

Se determina el SPF dependiendo del tipo de infraestructura del estudio (intersección o segmento de la vía) y sus características geométricas, con anticipación para calcular el SPF es necesario calcular el TPDA del paso 3 para el año seleccionado. Además los pasos 9 a 13 se repiten para cada año del período de estudio y para cada intersección o segmento de la vía. [11]

Paso 10. Aplicar el CMF.

En este paso se utiliza el CMF para ajustar las condiciones base en las cuales se desarrollaron los SPF y adaptarlas a las especificaciones del tramo de estudio. En este paso se multiplica el resultado del paso 9 con los CMF que aplican para el proyecto a desarrollar. [11]

Paso 11. Aplicar el factor de calibración.

El uso del factor de calibración es para ajustar el SPF a las condiciones locales del sitio de estudio, ya sea por el clima o por el tipo de conductores que presenta el proyecto. El factor de calibración se multiplica al resultado del paso 10 y se aplica a cada SPF del proyecto. [11]

Paso 12. Continuar con el siguiente año de estudio.

En este paso si hay otro año de estudio regresar al paso 8, esto se repetirá hasta evaluar todos los años del periodo de estudio, al terminar continuar con el paso 14. [11]

Paso 13. Aplicar el método EB (*Empirical Bayesian*). (Si es aplicable).

Este paso es utilizado si en paso 3 se determinó que es aplicable. Este método es combinado con el método predictivo para suministrar valores estadísticos más confiables. [11]

Paso 14. Continuar con el siguiente sitio para evaluar.

De existir otro sitio para evaluar en el proyecto se regresa al paso 7 al 13 que se repite para cada tipo de infraestructura. [11]

Paso 15. Aplicar el método EB a nivel del proyecto (si es aplicable).

En este paso es necesario tener datos disponibles de choques, sin embargo estos datos no serán precisos para cada segmento de la vía o intersección sino a nivel de proyecto. [11]

Paso 16. Sumar todos los sitios y años.

Para el periodo de estudios de n años y juntos todos los sitios de estudio de los segmentos de vía o intersecciones, se suman para estimar el número total de choques para el proyecto. [11]

$$N_{total} = \sum_{\substack{\text{todos los} \\ \text{segmentos} \\ \text{de la vía}}} N_{rs} + \sum_{\substack{\text{todas las} \\ \text{intersecciones}}} N_{int}$$

Donde:

N_{total} = número total de accidentes proyectado que se presentan en los límites de la vía del proyecto de estudio para el período de interés.

N_{rs} = frecuencia de accidentes promedio proyectada para un segmento usando el método predictivo para un año determinado.

N_{int} = frecuencia de accidentes promedio proyectada para una intersección usando el método predictivo para un año determinado.

$$N_{promedio\ total} = \frac{N_{total}}{n}$$

Donde:

$N_{promedio\ total}$ = frecuencia promedio proyectada total de accidentes que se presentan en los límites de la vía del proyecto de estudio durante el periodo de estudio.

n = número de años del periodo de estudio.

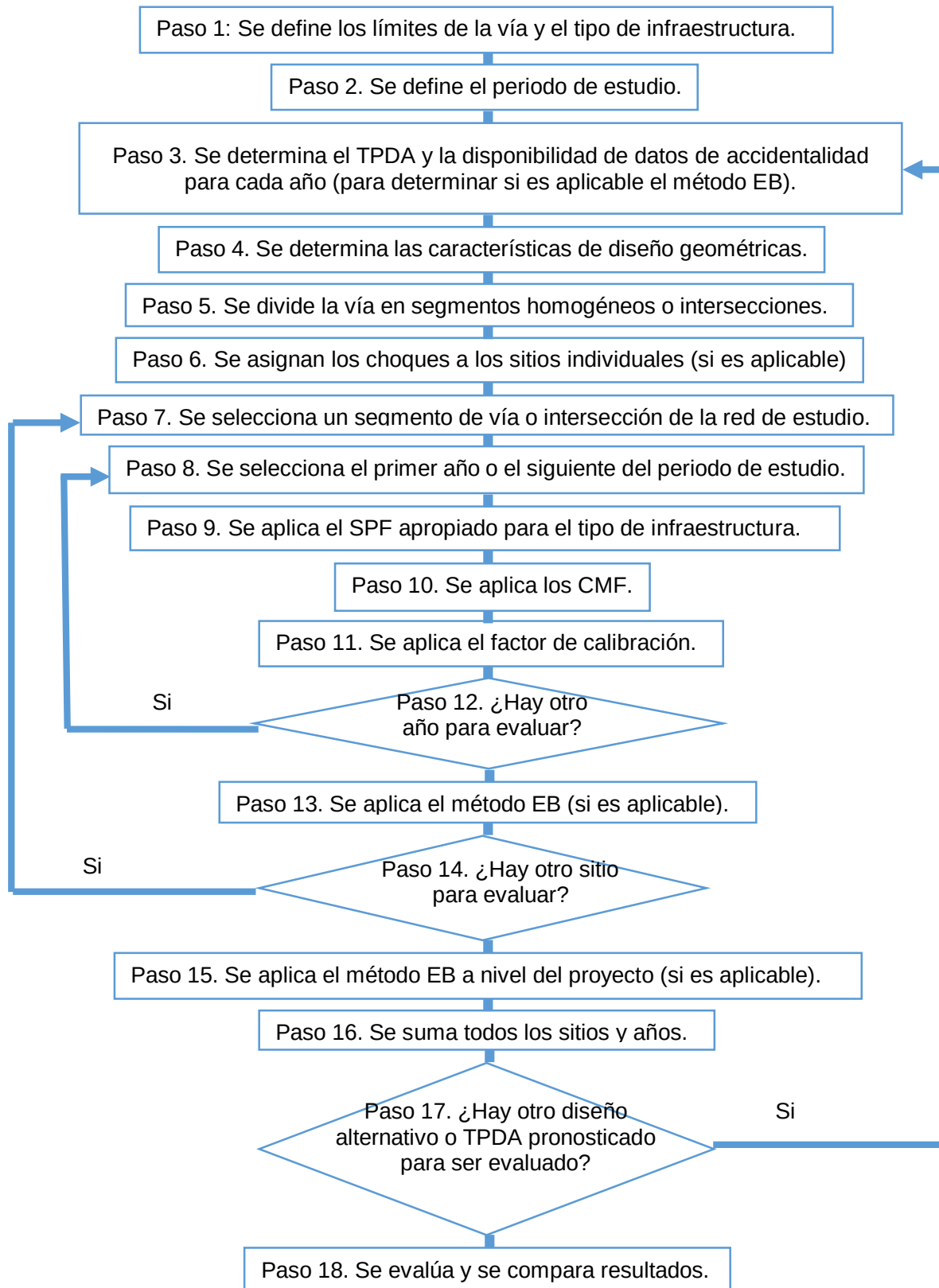
Paso 17. Determinar si hay otro diseño alternativo o TPDA pronosticado para ser evaluado.

Al determinarse la existencia de otro diseño alternativo o TPDA pronosticado se repiten los pasos 3 al 16. [11]

Paso 18. Evaluar y se compara resultados.

Para finalizar, el método predictivo es una forma de estimar estadísticamente la frecuencia promedio de accidentalidad proyectada de un sitio, según el período de estudio, según un diseño geométrico y TPDA determinadas o proyectadas. [11]

Figura 2. Resumen de los pasos del método predictivo.



Fuente. Highway Safety Manual (1st Edition) with Supplement 2014. [11]

6. METODOLOGÍA

6.1. Recopilación de información de accidentalidad de los tramos de estudio.

Con una visita de campo a los tramos de estudio ubicados en de la calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – barrio Provenza y carrera 30 entre calles 14 y 18 -barrio San Alonso se da inicio con la recopilación de datos de los dos tramos de estudio, se establece como primera medida los puntos de aforo y a su vez se reúne las cifras de accidentalidad de los últimos años arrojadas por la Secretaria de Tránsito y Transporte, INVIAS y el Observatorio Nacional de Seguridad Vial.

Teniendo en cuenta los horarios de mayor demanda los aforos se elaboran de 6:00 a.m. a 7:30 a.m. y nuevamente de 5:30 p.m. a 7:00 p.m. se inicia en el punto del barrio Provenza el lunes 12 de junio de 2019 hasta el 14 de junio de 2019 reanudando en este mismo punto el sábado 22 de junio, seguido de esto pasamos al barrio San Alonso el lunes 17 de junio de 2019, martes 18 de junio de 2019 y el día jueves 20 de junio de 2019.

6.1.1. Ubicación y descripción del sitio de estudio.

El primer tramo está ubicado en la comuna 10 al sur de la meseta de Bucaramanga en el barrio Provenza, barrio que es cruzado por la calle 105 una vía municipal terciaria ya que permite articular vías primarias y secundarias que por su extensión o nivel de servicio son complementarias a ésta. Se caracteriza por su función de polos de atracción de la actividad urbana y está orientada a canalizar el tráfico urbano lento, público y privado [19]. Es la arteria principal de este barrio formada por 4 carriles divididos por una mediana, dos en sentido oriente-occidente y dos en sentido occidente-oriente cada uno con andén, es una vía con una alta demanda de transeúntes y vehículos sin dejar a un lado que se ha ido convirtiendo poco a poco en una vía netamente comercial. El tramo de estudio en la calle 105 va desde la carrera 23 hasta el caí del INEM, este tramo

contempla 4 intersecciones en ambos sentidos por las cuales se puede entrar o salir del tramo.

Figura 3. Tramo de estudio calle 105, desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – barrio Provenza.



Fuente: Google Maps.

Las siguientes imágenes muestran con más detalle la señalización e iluminación del tramo.

*Figura 4. Carrera 23 con calle 105
-Barrio Provenza*



Fuente: propia.

En esta imagen se puede observar el inicio en sentido oriente-occidente del tramo del Barrio Provenza, donde se ve perfectamente demarcada la cebrada de cruce en el semáforo y una perfecta iluminación.

*Figura 5. Calle 105 entre carrera 23 y 22
– Barrio Provenza*



Fuente: propia.

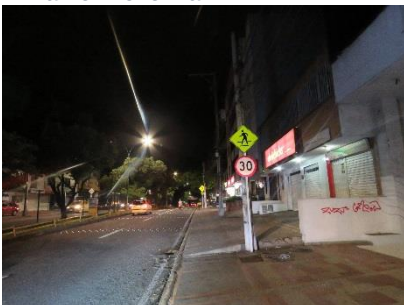
En esta imagen se observa la señalización del límite de velocidad tanto horizontal como vertical. Ubicada a mitad de cuadra en la calle 105 en sentido oriente-occidente entre la carrera 22 y 23.

Figura 6. Calle 105 entre carrera 23 y 22
– Barrio Provenza



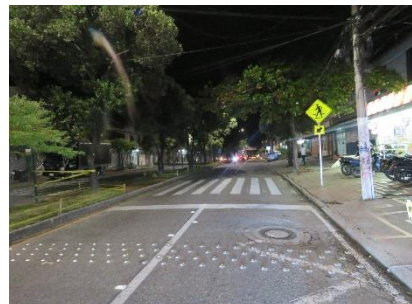
Fuente: propia.

Figura 7. Calle 105 entre carrera 23 y 22
– Barrio Provenza



Fuente: propia.

Figura 8. Calle 105 entre carrera 23 y 22
– Barrio Provenza



Fuente: propia.

Figura 9. Calle 105 con carrera 22
– Barrio Provenza



Fuente: propia.

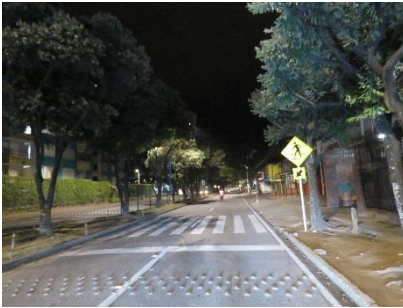
En esta imagen se observa la señalización de alerta tanto horizontal como vertical indicando que se acerca un cruce de peatón. Ubicada a mitad de cuadra en la calle 105 en sentido oriente-occidente entre la carrera 22 y 23.

En esta imagen se observa una señal vertical indicando límite de velocidad y paso de peatón. Ubicada a mitad de cuadra en la calle 105 en sentido oriente-occidente entre la carrera 22 y 23.

En esta imagen se observa en señales horizontales la cebr y los reductores de velocidad y en señal vertical el paso de peatón. Ubicada a mitad de cuadra en la calle 105 en sentido oriente-occidente entre la carrera 22 y 23.

En esta imagen se observa en señales horizontales la cebr, tachas indicando doble carril y flechas indicando que se puede cruzar a la derecha por la carrera 22 o se puede continuar por la calle 105 y en señal vertical el semáforo resaltando la correcta iluminación.

Figura 10. Calle 105 entre carrera 22 y 21
– Barrio Provenza



Fuente: propia.

En esta imagen se observa en señales horizontales la cebrá y los reductores de velocidad y en señal vertical el paso de peatón. Ubicada a mitad de cuadra en la calle 105 en sentido oriente-occidente entre la carrera 22 y 21.

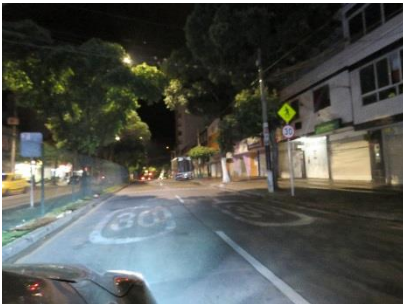
Figura 11. Calle 105 entre carrera 20 y rotonda
– Barrio Provenza



Fuente: propia.

En esta imagen se observa en señales horizontales la de prohibido parquear y la flecha que indica que es posible girar a la derecha o seguir derecho por la glorieta. Ubicada en la calle 105 en sentido oriente-occidente entre la carrera 20 y la glorieta finalizando el tramo del Barrio Provenza

Figura 12. Calle 105 entre carrera 21 y 22
– Barrio Provenza



Fuente: propia.

En esta imagen se observa la señalización del límite de velocidad tanto horizontal como vertical. Ubicada a mitad de cuadra en la calle 105 en sentido occidente-oriente entre la carrera 21 y 22.

Figura 13. Calle 105 entre carrera 22 y 23
– Barrio Provenza



Fuente: propia.

En esta imagen se observa en señales horizontales la cebrá y los reductores de velocidad y en señal vertical el paso de peatón. Ubicada a mitad de cuadra en la calle 105 en sentido occidente-oriente entre la carrera 22 y 23.

Figura 14. Calle 105 entre carrera 23
– Barrio Provenza

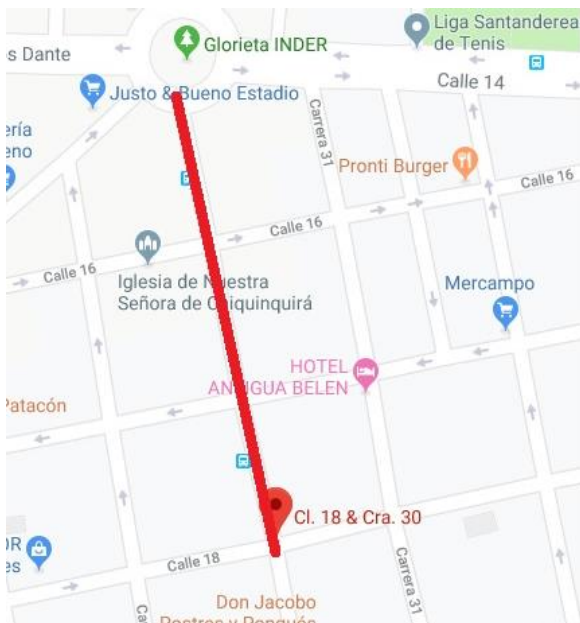


Fuente: propia.

En esta imagen se observa en señales horizontales la cebra, tachas indicando doble carril y flechas indicando que se puede cruzar a la derecha por la carrera 23 o se puede continuar por la calle 105 y en señal vertical el semáforo resaltando la correcta iluminación.

El segundo tramo está ubicado en la comuna 13 al oriente de Bucaramanga en el barrio San Alonso, la carrera 30 es una vía de la red local que en términos generales, está destinada al desplazamiento de peatones y de vehículos para el transporte particular. Consta de una calzada de dos carriles en sentido norte-sur, se contemplan antejardines de dimensiones variables de acuerdo al loteo original de la zona y consta de un andén a cada lado de ella [19]. El tramo de estudio en la carrera 30 es desde la calle 18 hasta la calle 14, este tramo comprende 3 intersecciones con acceso o abandono de la carrera 30.

Figura 15. Tramo de estudio carrera 30 entre calles 14 y 18 -barrio San Alonso.



Fuente: Google Maps.

En las siguientes imágenes se puede observar la señalización del lugar.

*Figura 16. Carrera 30 con rotonda
-Barrio San Alonso*



Fuente: propia.

En esta imagen se puede observar el inicio en sentido norte-sur del tramo del Barrio San Alonso donde se ve perfectamente demarcado el doble carril y que goza de una buena iluminación.

Figura 17. Carrera 30 entre calle 14 y 16 -Barrio San Alonso



Fuente: propia.

En esta imagen se puede observar la señalización horizontal de la velocidad máxima permitida y las tachas que indican el doble carril. Ubicadas en sentido norte-sur por la carrera 30 entre calle 14 y 16.

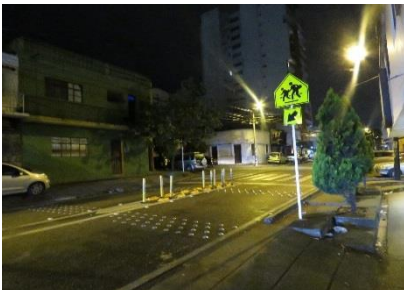
Figura 18. Carrera 30 entre calle 14 y 16 -Barrio San Alonso



Fuente: propia.

En esta imagen se puede observar la señalización horizontal los reductores de velocidad, la división del doble carril y la parada de bus. Ubicadas en sentido norte-sur por la carrera 30 entre calle 14 y 16. Cabe resaltar que esta es una zona escolar.

Figura 19. Carrera 30 entre calle 14 y 16 -Barrio San Alonso



Fuente: propia.

En esta imagen se puede observar la señalización horizontal los reductores de velocidad, la división del doble carril y la parada de bus y señalización vertical indicando que es lugar para el cruce de peatones. Ubicadas en sentido norte-sur por la carrera 30 entre calle 14 y 16. Cabe resaltar que esta es una zona escolar.

Figura 20. Carrera 30 con calle 16
-Barrio San Alonso



Fuente: propia.

Figura 21. Carrera 30 con calle 16
-Barrio San Alonso



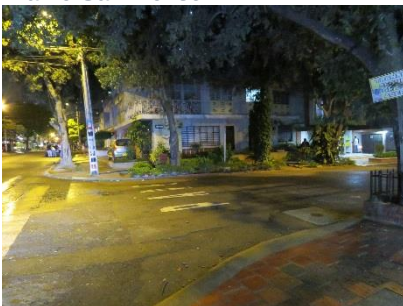
Fuente: propia.

Figura 22. Carrera 30 con calle 17
-Barrio San Alonso



Fuente: propia.

Figura 23. Carrera 30 con calle 18
-Barrio San Alonso



Fuente: propia.

En esta imagen se puede observar la señalización horizontal los reductores de velocidad, la división del doble carril, los postes delimitadores y la cebrá. Ubicadas en la intersección de la carrera 30 con la calle 16. Cabe resaltar que esta es una zona escolar.

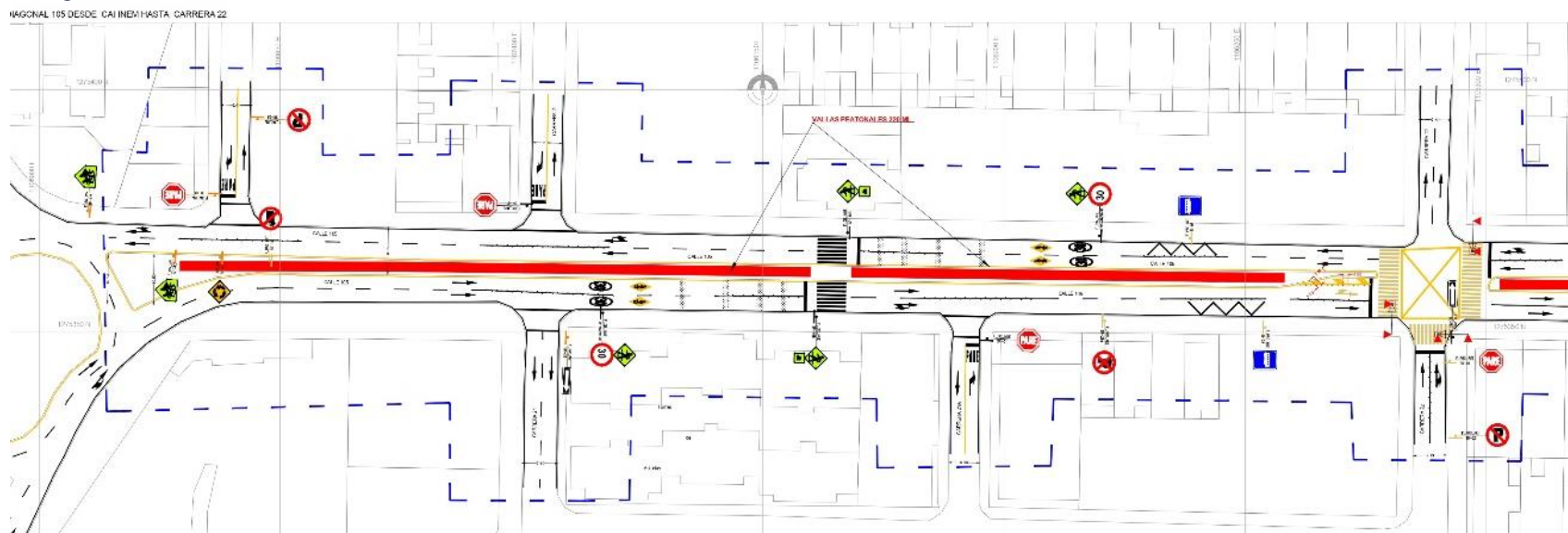
En esta imagen se puede observar la señalización horizontal la cebrá tanto en la calle 16 como en la carrera 30, es una intersección con perfecta iluminación esta es la entrada de la calle 16 en sentido occidente-oriente.

En esta imagen se puede observar la señalización horizontal el pare y los reductores de velocidad ubicados en la calle 17 en sentido oriente-occidente, es una intersección con perfecta iluminación.

En esta imagen se puede observar la señalización horizontal el pare está ubicada en la calle 18 en sentido occidente-oriente, es una intersección con perfecta iluminación.

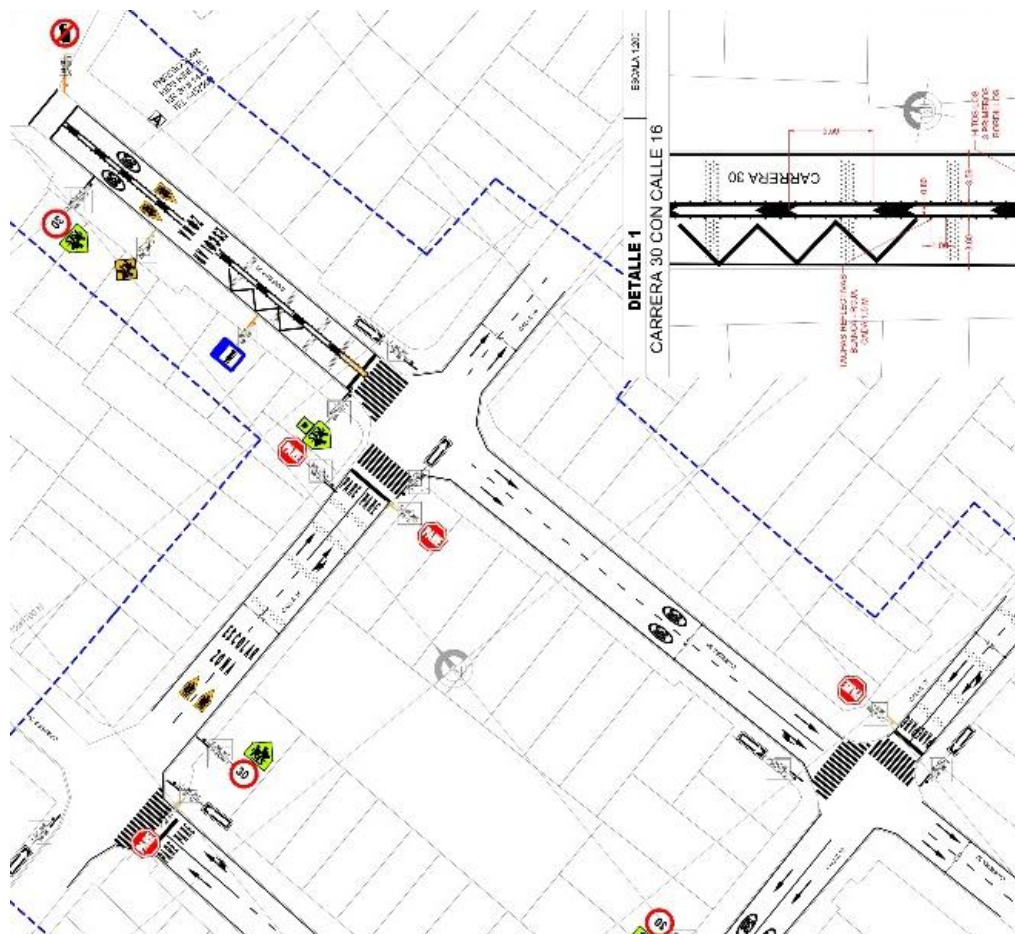
La Agencia Nacional de Seguridad Vial decide implementar estrategias y diseñar medidas correctivas, buscando disminuir los niveles de accidentalidad vial, en este tramo el diseño de la señalización utilizada se hizo con base a las falencias presentadas en el sector.

Figura 24. Tramo de estudio barrio de Provenza.



Fuente: Agencia Nacional de Seguridad Vial

Figura 25. Tramo de estudio barrio de San Alonso.

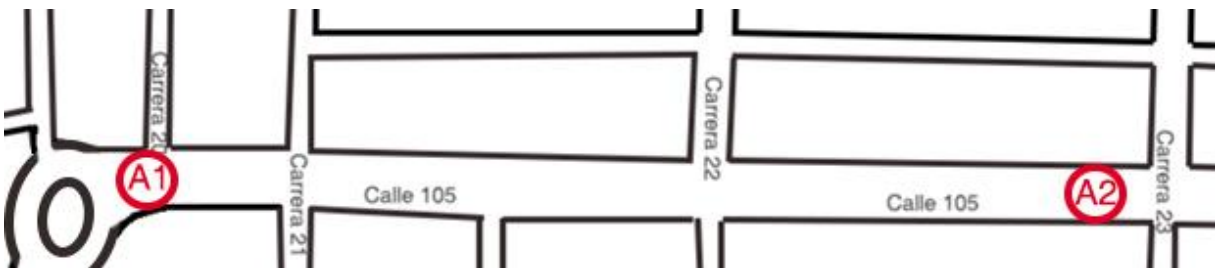


Fuente: Agencia Nacional de Seguridad Vial

6.1.2. Ubicación de los puntos de aforo.

Al realizar la primera visita de campo se pudo evidenciar que los dos tramos de estudio cuentan con varias intersecciones, debido a limitaciones de personal no fue posible aforar en todos los tramos al mismo tiempo, por este motivo se decide que la mejor ubicación es en el inicio y fin de cada tramo como se puede observar en las siguientes figuras, esto se lleva a cabo con el fin de calcular el mayor TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual).

Figura 26. Esquema de los puntos de aforo para el tramo ubicado en el barrio Provenza.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Esquema de los puntos de aforo para el tramo ubicado en el barrio San Alonso.



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3. Seguridad de los tramos de estudio.

Con el transcurso del tiempo se ha notado que en el barrio Provenza la problemática radica en la inseguridad que tienen los peatones al hacer uso de esta vía ya sea porque muchas veces estos son imprudentes al momento de cruzar la calle u otras veces por que los conductores no les dan el espacio necesario para hacerlo. Agencia Nacional de Seguridad Vial insiste en adoptar medidas para brindar seguridad a los conductores de vehículos y peatones. Adoptando recursos como la instalación de rejas que evitan el paso de los peatones de un lado a otro, con esto se pretende organizar los flujos peatonales y orientar el paso seguro de los peatones por la “cebra” [20]. Otro recurso para gestionar la velocidad de los vehículos es la demarcación e instalación de símbolos verticales de velocidad máxima y estoperoles metálicos, aun con todas estas prevenciones los peatones siguen infringiendo las normas buscando la manera más fácil para cruzar la calle sin tener en cuenta que ya se realizó un lugar exclusivo para el paso ya sea la cebra o el puente peatonal, no obstante los sitios exclusivos para el cruce de los peatones no son respetados por los conductores, debido a que al contrario de frenar para permitir el paso de los peatones, deciden acelerar irrespetando la vida del usuario.

Por otro lado, en el barrio San Alonso la inseguridad gira en torno al no acatamiento de las normas de tránsito, puesto que los usuarios de las calles que son vías de acceso a la carrera 30 usualmente omiten la señal de PARE causando colisiones con los usuarios que vienen correctamente por la carrera, sin embargo, los usuarios de la carrera 30 tampoco obedecen las normas de límite de velocidad de 30km/h, ya que es una vía residencial y rodeada de varios establecimientos educativos. Buscando disminuir esta problemática la Agencia Nacional de Seguridad Vial instala reductores de velocidad, los cuales vienen acompañados de hitos y estoperoles buscando disminuir la siniestralidad en este tramo.

Velocidad de punto.

Se hallan las velocidades en las que transcurren los vehículos cerca a las instituciones educativas para verificar que los usuarios estén cumpliendo con el límite de velocidad de 30 km/h, se hallan de forma manual con un cronómetro a una distancia de 39m y 30m

movimiento oeste a este y este a oeste respectivamente en el barrio de Provenza, asimismo en el barrio de San Alonso se realiza con una distancia de 21m.

Para la verificación de velocidades se registraron 102 y 132 vehículos en los barrios Provenza y San Alonso respectivamente, el resultado de este registro se puede apreciar en el anexo 18, como se puede observar en el barrio Provenza para el movimiento oeste-este el porcentaje de los vehículos que sobrepasan el límite de velocidad es del 62,7% y para el movimiento este-oeste el del 76,5%, mientras que en el barrio San Alonso es del 13,6%.

6.2. Aplicación del método predictivo del HSM.

En la aplicación de la metodología HSM para este caso se basa en el capítulo 12 de vías arterias urbanas y suburbanas, los pasos a seguir de forma resumida se presenta en la sección 5.3.5 del proyecto de grado, se usarán para un escenario con condiciones base y otro futuro, los cuales se evaluarán para periodo actual, en 5 años y 10 años.

6.2.1. Calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.

6.2.1.1. Pasos para un escenario base, en el periodo actual año 2019.

El escenario base será con las condiciones actuales de la vía, sin embargo, para este escenario se realizará sin la rejilla que fue instalada en la mediana para evitar el cruce peatonal, esto con el fin de observar su efectividad y en el escenario futuro la estimación se realizara con las rejillas.

- Pasos 1 al 8.**

El primer paso es definir el tipo de infraestructura, en este caso al presentar una barrera física de separación, ser de doble sentido de circulación y dos carriles en cada sentido, pertenece a arteria de cuatro carriles divididos (4D), el siguiente paso es establecer el periodo de estudio, el cual se enfocara para el periodo actual, en 5 años y

en 10 años, los pasos 3 y 4 se abrevia en el siguiente tabla y los pasos 5, 6 y 7 se omiten, no aplican para el proyecto, para la demostración de la metodología se realizara para el periodo actual año 2019.

Tabla 1. Información general.

Información General		Información sobre la Ubicación	
Analistas	Luz Yesenia García Chacón	Vía	Calle 105
	Paula Katherin Ortiz Suarez	Sección de la vía	Cra23 – Cra20
Agencia o compañía	Universidad Pontificia Bolivariana	Jurisdicción	B/manga, Sder
Fecha de realización	Junio	Año de análisis	2019
Datos de entrada		Condiciones Base	Condiciones del sitio
Tipo de infraestructura (2U, 3T, 4U, 4D, 5T)		-	4D
Longitud del segmento, L (mi)		-	0,30
TPDA (Veh/día)		-	39625
Tipo de estacionamiento en la calle (ninguno, paralelo, ángulo)		ninguno	paralelo
Proporción de la longitud del bordillo de estacionamiento en la calle, P_{pk}		-	0,07
Ancho de mediana (ft)		15	9.84
Iluminación (presente / no presenta)		no presenta	presenta
Control de velocidad automática (presente / no presenta)		no presenta	no presenta
Accesos comerciales principales (número)		-	0
Accesos comerciales secundarios (número)		-	0
Accesos industriales/institucionales principales (número)		-	0
Accesos industriales/institucionales secundarios (número)		-	0
Accesos residencial principales (número)		-	0
Accesos residencial secundarios (número)		-	6
Otros accesos (número)		-	0
Categoría de velocidad		-	30 km/h
Espesor de objetos fijos en la vía, D_{fo} (objetos fijos/mi)		no presenta	28
Desplazamiento de objetos fijos en la vía, O_{fo} (ft)		no presenta	3,94
Factor de calibración		1,0	1,0

6.2.1.1.1. Paso 9. Determinar el SPF.

En cuanto la estimación del TPDA para segmentos de vía en el uso del SPF en arterias urbanas y suburbanas es válida si el TPDA está en los siguientes rangos:

- 2U: 0 a 32600 vehículos/día.
- 3T: 0 a 32900 vehículos/día.
- 4U: 0 a 40100 vehículos/día.
- 4D: 0 a 66000 vehículos/día.
- 5T: 0 a 53800 vehículos/día.

Los TPDA que estén por fuera de ese rango es posible que no proporcionen resultados confiables.

Teniendo en cuenta que el tramo de estudio corresponde a una vía 4D y el TPDA es igual 39625 vehículos/día está dentro el rango mencionado anteriormente.

El SPF para segmentos de vía se aplica según el tipo de accidente como: accidentes de múltiples vehículos sin accesos, un solo vehículo, de múltiples vehículos relacionada con los accesos, vehículo - peatón y vehículo - bicicleta.

Accidentes de múltiples vehículos sin accesos.

$$N_{brmv} = \exp(a + b \times \ln(TPDA) + \ln(L)) \quad (1)$$

Donde:

TPDA= tránsito promedio diario anual.

L= longitud del segmento de vía (mi).

a, b= coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-3 del HSM en el anexo 9.

$$N_{brmv(Total)} = \exp(-12,34 + 1,36 \times \ln(39625) + \ln(0,30))$$

$$N_{brmv(Total)} = 2,351 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brmv(FI)} = \exp(-12,76 + 1,28 \times \ln(39625) + \ln(0,30))$$

$$N_{brmv(FI)} = 0,662 \text{ accidentes / año}$$

$$N_{brmv(PDO)} = \exp(-12,81 + 1,38 \times \ln(39625) + \ln(0,30))$$

$$N_{brmv(PDO)} = 1,816 \text{ accidentes / año}$$

Los valores iniciales para accidentes fatales y lesión (FI) y daños materiales solo se ajustan con la ecuación 2 para confirmar el total de N_{brmv} , esto de la siguiente manera:

$$N_{brmv(FI)} = N_{brmv(Total)} \left(\frac{N'_{brmv(FI)}}{N'_{brmv(FI)} + N'_{brmv(PDO)}} \right) \quad (2)$$

$$N_{brmv(FI)} = 2,351 \left(\frac{0,662}{0,662 + 1,816} \right)$$

$$N_{brmv(FI)} = 0,628 \text{ accidentes / año}$$

$$N_{brmv(PDO)} = N_{brmv(Total)} - N_{brmv(FI)} \quad (3)$$

$$N_{brmv(PDO)} = 2,351 - 0,628$$

$$N_{brmv(PDO)} = 1,722 \text{ accidentes / año}$$

$$N_{brmv(Total)} = N_{brmv(FI)} + N_{brmv(PDO)} \quad (4)$$

$$N_{brmv(Total)} = 0,628 + 1,722 = \mathbf{2,351 \text{ accidentes / año}}$$

Accidentes de un solo vehículo.

$$N_{brsv} = \exp(a + b \times \ln(TPDA) + \ln(L)) \quad (5)$$

Donde:

a, b= coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-5 del HSM en el anexo 10.

$$N_{brsv(Total)} = \exp(-5,05 + 0,47 \times \ln(39625) + \ln(0,30))$$

$$N_{brsv(Total)} = 0,279 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(FI)} = \exp(-8,71 + 0,66 \times \ln(39625) + \ln(0,30))$$

$$N_{brsv(FI)} = 0,054 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(PDO)} = \exp(-5,04 + 0,45 \times \ln(39625) + \ln(0,30))$$

$$N_{brsv(PDO)} = 0,228 \text{ accidentes/año}$$

Los valores iniciales para accidentes fatales y lesión (FI) y daños materiales solo se ajustan con la ecuación 6 para confirmar el total de N_{brsv} , esto de la siguiente manera:

$$N_{brsv(FI)} = N_{brsv(Total)} \left(\frac{N'_{brsv(FI)}}{N'_{brsv(FI)} + N'_{brsv(PDO)}} \right) \quad (6)$$

$$N_{brsv(FI)} = 0,279 \left(\frac{0,054}{0,054 + 0,228} \right)$$

$$N_{brsv(FI)} = 0,053 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(PDO)} = N_{brsv(Total)} - N_{brsv(FI)} \quad (7)$$

$$N_{brsv(PDO)} = 0,279 - 0,053$$

$$N_{brsv(PDO)} = 0,226 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(Total)} = N_{brsv(FI)} + N_{brsv(PDO)} \quad (8)$$

$$N_{brsv(Total)} = 0,053 + 0,226 = \mathbf{0,279 \text{ accidentes/año}}$$

Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos.

$$N_{brdwy} = \sum_{\substack{\text{todos los} \\ \text{tipos de accesos}}} n_j \times N_j \times \left(\frac{TPDA}{15000} \right)^t \quad (9)$$

Donde:

N_j = número de accidentes relacionadas con accesos por accesos por año se presenta en la tabla 12-7 del HSM en el anexo 11.

n_j = número de accesos dentro del segmento de la vía esto incluyendo todos los accesos por ambos sentidos de la vía.

t = coeficiente para el ajuste del volumen de tráfico de la tabla 12-7 del HSM en el anexo 11.

Hay siete tipos de accesos que es considerado en el modelo predictivo, esos son:

- Accesos comerciales principales.
- Accesos comerciales secundarios.
- Accesos industriales/institucionales principales.
- Accesos industriales/institucionales secundarios.
- Accesos residenciales principales.
- Accesos residenciales secundarios.
- Otros accesos.

Los accesos principales presentan 50 sitios de estacionamiento o más, en cambio los accesos secundarios presentan menos de 50 sitios de estacionamiento.

$$N_{brdwy(Total)} = 6 \times 0,003 \times \left(\frac{39625}{15000} \right)^{1,106}$$

$$N_{brdwy(Total)} = 0,053 \text{ accidentes/año}$$

Este tipo de accidentes relacionados por accesos se puede separar por nivel de gravedad fatal y lesiones; y solo daños a propiedad de la siguiente manera:

$$N_{brdwy(FI)} = N_{brdwy(Total)} \times f_{dwy} \quad (10)$$

Donde:

f_{dwy} = proporción de accidentes relacionadas con la vía que afectan fallecimientos o lesiones de la tabla 12-7 del HSM en el anexo 11.

$$N_{brdwy(FI)} = 0,053 \times 0,284$$

$$N_{brdwy(FI)} = 0,015 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brdwy(PDO)} = N_{brdwy(Total)} - N_{brdwy(FI)} \quad (11)$$

$$N_{brdwy(PDO)} = 0,053 - 0,015$$

$$N_{brdwy(PDO)} = 0,038 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brdwy(Total)} = N_{brdwy(FI)} + N_{brdwy(PDO)} \quad (12)$$

$$N_{brdwy(Total)} = 0,015 + 0,038 = \mathbf{0,053 \text{ accidentes/año}}$$

Frecuencia de accidentes promedio total pronosticada.

$$N_{spfrs} = N_{brmv} + N_{brsv} + N_{brdwy} \quad (13)$$

$$N_{spfrs} = 2,351 + 0,279 + 0,053$$

$$N_{spfrs} = 2,683 \text{ accidentes/año}$$

Donde:

N_{brmv} = frecuencia de accidentalidad promedio pronosticada de accidentes múltiples vehículos sin accesos para condiciones base.

N_{brsv} = frecuencia de accidentalidad promedio pronosticada de accidentes de un solo vehículos para condiciones base.

N_{brdwy} = frecuencia de accidentalidad promedio pronosticada de accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos.

N_{spfrs} = frecuencia de accidentalidad promedio total pronosticada de un segmento de vía para condiciones base (excluyendo accidentes vehículo - peatón y vehículo - bicicleta)

6.2.1.1.2. Paso 10. Aplicar los CMF.

En este paso el resultado es usado para ajustar el SPF del paso 9 en cuanto a los efectos del diseño geométrico y tránsito del sitio de estudio como se puede observar en la ecuación 18.

Los siguientes CMF son los usados para segmento de vía en el capítulo 12 del HSM, sin embargo, en la parte D del HSM se encuentran otros CMF que son aplicables para las condiciones básicas del SPF.

Tabla 2. Resumen de los CMF para segmentos de vía del capítulo 12 del HSM.

Corresponde SPF	CMF	CMF descripción
Segmentos de vía	CMF_{1r}	Para estacionamiento en la calle
	CMF_{2r}	Para objetos fijos en la vía
	CMF_{3r}	Para ancho de mediana
	CMF_{4r}	Para iluminación
	CMF_{5r}	Para control de velocidad automática

CMF_{1r} – Para estacionamiento en la calle.

La condición base es la ausencia de estacionamiento en la calle.

$$CMF_{1r} = 1 + p_{pk} \times (f_{pk} - 1.0) \quad (14)$$

$$p_{pk} = 0,5 \times \frac{L_{pk}}{L} = 0,5 \times \frac{0,042}{0,3} = 0,07$$

$$CMF_{1r} = 1 + 0,07 \times (1,1 - 1.0)$$

$$CMF_{1r} = 1,01$$

Donde:

CMF_{1r} = factor de modificación de accidentes por consecuencia del estacionamiento en la calle sobre el total de accidentes.

F_{pk} = factor de la tabla 12-19 del HSM en el anexo 14.

p_{pk} = proporción de la longitud del bordillo de estacionamiento en la calle = $(0.5 L_{pk}/L)$

L_{pk} = en la suma del bordillo de estacionamiento para ambos sentidos de la vía (millas).

L = longitud del segmento de la vía (millas).

CMF_{2r} – Para objetos fijos en la vía.

La condición base es la ausencia de objetos fijos en el segmento de la vía.

$$CMF_{2r} = f_{offset} \times D_{fo} \times p_{fo} + (1.0 - p_{fo}) \quad (15)$$

$$CMF_{2r} = 0,180 \times 28 \times 0,036 + (1.0 - 0,036)$$

$$CMF_{2r} = 1,15$$

Donde:

CMF_{2r} = factor de modificación de accidentes por consecuencia de objetos fijos en la vía sobre el total de accidentes.

f_{offset} = factor de desplazamiento objetos fijos de la tabla 12-20 del HSM en el anexo 15.

D_{fo} = espesor de objetos fijos en la vía (objetos fijos/milla)

p_{fo} = accidentes de objetos fijos como una proporción del total de accidentes de la tabla 12-21 del HSM en el anexo 15.

D_{f0} es solo para determinar objetos con un diámetro mayor a 4 pulgadas (10,16 cm), además los objetos puntuales que están en un intervalo de 70 pies de la vía se cuentan como un solo objetos, y los objetos continuos se cuentan como un objeto puntual. La distancia de desplazamiento (O_{f0}) que se observa en la tabla 12-20 del HSM es la distancia promedio desde el bordillo de la vía hasta el objeto puntual, si este valor es mayor a 30 pies, se usa el valor de 30 pies de la tabla, los objetos fijos que se encuentran en la mediana no se toman en cuenta.

CMF_{3r} – Para ancho de mediana.

La condición base para el ancho de mediana es de 15 pies como se puede observar en la tabla 12-22 del HSM el cual tiene un valor de 1,00.

El CMF para caminos divididos de arterias urbanas y suburbanas para anchos de mediana se presenta en la tabla 12-22 del HSM en el anexo 16, para un ancho de mediana 9,84 pies se interpola dando el siguiente resultado:

$$CMF_{3r} = 1,01$$

CMF_{4r} – Para iluminación.

La condición básica para este CMF es la ausencia de iluminación.

$$CMF_{4r} = 1.0 - (p_{nr} \times (1.0 - 0.72 \times p_{inr} - 0.83 \times p_{pnr})) \quad (16)$$

$$CMF_{4r} = 1.0 - (0,41 \times (1.0 - 0.72 \times 0,364 - 0.83 \times 0,636))$$

$$CMF_{4r} = 0,91$$

Donde:

CMF_{4r}= factor de modificación de accidentes por consecuencia de iluminación en la vía sobre el total de accidentes.

p_{inr} = proporción del total de accidentes sin iluminación para segmentos de vía que involucran fatalidad o lesiones.

p_{pnr} = proporción del total de accidentes sin iluminación para segmentos de vía que involucran solo daños de propiedad.

p_{nr} = proporción total de accidentes sin iluminación para segmentos de vía que ocurren durante la noche.

Los valores p_{inr} , p_{pnr} y p_{nr} se presenta en la tabla 12-23 del HSM en el anexo 17.

CMF_{5r} - Para control de velocidad automática

Es un sistema de laser o radar automatizado de control de velocidad el cual detecta los conductores que van con exceso de velocidad por medio de videos o fotografías. La condición básica para este CMF es la ausencia de controles de velocidad automática.

Debido a que en el sitio de estudio la condición del sitio y la base son las mismas, la cual no presenta un control de velocidad automática, el resultado es el siguiente:

$$CMF_{5r} = 1$$

La combinación de los CMF tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{comb} = CMF_{1r} \times CMF_{2r} \times CMF_{3r} \times CMF_{4r} \times CMF_{5r} \quad (17)$$

$$CMF_{comb} = 1,01 \times 1,15 \times 1,01 \times 0,91 \times 1,00$$

$$CMF_{comb} = 1,07$$

Después de esto se calcula el N_{br} para determinar los SPF de accidentes vehículo-peatón y vehículo-bicicleta.

$$N_{br} = N_{spfrs} \times (CMF_{1r} \times CMF_{2r} \times \dots \times CMF_{nr}) \quad (18)$$

$$N_{br} = 2,683 \times 1,07$$

$$N_{br} = 2,857 \text{ accidentes/año}$$

Accidentes vehículo-peatón.

El SPF para accidentes vehículo-peatón se calcula con la ecuación 19 de la siguiente manera:

$$N_{pedr} = N_{br} \times f_{pedr} \quad (19)$$

Donde:

f_{pedr} = factor de ajuste de accidentes de peatón de la tabla 12-8 del HSM anexo 12.

$$N_{pedr} = 2,857 \times 0,067$$

$$N_{pedr} = 0,191 \text{ accidentes/años}$$

Accidentes vehículo-bicicleta.

El SPF para accidentes vehículo-bicicleta se calcula con la ecuación 20 de la siguiente manera:

$$N_{biker} = N_{br} \times f_{biker} \quad (20)$$

Donde:

f_{biker} = factor de ajuste de accidentes de bicicletas de la tabla 12-9 del HSM en el anexo 13.

$$N_{biker} = 2,857 \times 0,013$$

$$N_{biker} = 0,037 \text{ accidentes/año}$$

6.2.1.1.3. Paso 11. Aplicar el factor de calibración.

Cálculo de la frecuencia de accidentalidad promedio pronosticado.

Se determina un factor de calibración (C_r) de 1,00.

$$N_{predicted\ rs} = C_r \times (N_{br} + N_{pedr} + N_{biker}) \quad (21)$$

$$N_{predicted\ rs} = 1,00(2,857 + 0,191 + 0,037)$$

$$N_{predicted\ rs} = 3,086\ accidentes/año$$

6.2.1.1.1. Hojas de cálculo del escenario base.

Tabla 3. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
CMF para estacionamiento en la calle	CMF para objetos fijos en la vía	CMF para ancho de mediana	CMF para iluminación	CMF para Control de velocidad automática	Conjunto de CMF
CMF _{1r}	CMF _{2r}	CMF _{3r}	CMF _{4r}	CMF _{5r}	CMF _{comb}
de la ecuación 12-32 (HSM)	de la ecuación 12-33 (HSM)	de la ecuación 12-22 (HSM)	de la ecuación 12-34 (HSM)	de la sección 12.7.1 (HSM)	(1)*(2)*(3)*(4)*(5)
1,01	1,15	1,01	0,91	1,00	1,07

Tabla 4. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brmv}	Proporción de accidentes totales	Ajustado N _{brmv}	Conjunto CMFs	Factor de calibración	Pronosticado N _{brmv}
	de la tabla 12-3 (HSM)		de la tabla 12-3 (HSM)	de la ecuación 12-10 (HSM)		(4) _{Total} *(5)	(6) de la tabla 5	C _r	(6)*(7)*(8)
	a	b							
Total	-12,34	1,36	1,32	2,351	1,000	2,351	1,07	1,00	2,504
Fatal y lesión (FI)	-12,76	1,28	1,31	0,662	(4) _{FI} /(((4) _{FI} +(4) _{PDO})	0,628	1,07	1,00	0,669
					0,267				
Solo daños materiales (PDO)	-12,81	1,38	1,34	1,816	(5) _{Total} -(5) _{FI}	1,722	1,07	1,00	1,835
					0.733				

Tabla 5. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accidente	Proporción de tipo de accidentalidad (FI)	Pronosticado $N_{brmv}(FI)$ (accidentes/año)	Proporción del tipo de colisión (PDO)	Pronosticado $N_{brmv}(PDO)$ (accidentes/año)	Pronosticado $N_{brmv}(total)$ (accidentes/año)
	de la tabla 12-4 (HSM)	$(9)_{FI}$ de la tabla 4	de la tabla 12-4 (HSM)	$(9)_{PDO}$ de la tabla 4	$(9)_{Total}$ de la tabla 4
Total	1.000	0,669 $(2)*(3)_{FI}$	1.000	1,835 $(4)*(5)_{PDO}$	2,504 $(3)+(5)$
Colisión trasera	0,832	0,557	0,662	1,215	1,772
Colisión delantera	0,02	0,013	0,007	0,013	0,026
Colisión angular	0,04	0,027	0,036	0,066	0,093
Colisión lateral o de raspado, misma dirección	0,05	0,033	0,223	0,409	0,443
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta	0,01	0,007	0,001	0,002	0,009
Otras colisiones múltiple-vehículos	0,048	0,032	0,071	0,130	0,162

Tabla 6. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brsv}	Proporción total de accidentes	Ajustado N _{brsv}	Conjunto de CMFs	Factor de Calibración	Pronostico N _{brsv}
	de la tabla 12-5 (HSM)		de la tabla 12-5 (HSM)	de la ecuación 12-13 (HSM)		(4) _{total} *(5)	(6) de la tabla 3	Cr	(6)*(7)*(8)
	a	b							
Total	-5,05	0,47	0,86	0,279	1	0,279	1,07	1,00	0,297
Fatal y lesiones (FI)	-8,71	0,66	0,28	0,054	(4) _{FI} /((4) _{FI} +(4) _{PDO})	0,053	1,07	1,00	0,057
					0,191				
Solo daños materiales (PDO)	-5,04	0,45	1,06	0,228	(5) _{Total} -(5) _{FI}	0,226	1,07	1,00	0,240
					0,809				

Tabla 7. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de Colisión	Proporción del Tipo de Colisión (FI)	Pronostico $N_{brsv}(FI)$ (accidentes/años)	Proporción del tipo de colisión	Pronostico $N_{brsv}(PDO)$ (accidentes/años)	Pronostico $N_{brsv}(Total)$ (accidentes/años)
	de la tabla 12-6	(9) de la tabla 6	de la tabla 12-6	(9) _{PDO} de la tabla 6	(9) _{Total} de la tabla 6
Total	1	0,057 $(2)*(3)_{FI}$	1	0,240 $(4)*(5)_{PDO}$	0,297 $(3)+(5)$
Colisión con animal	0,001	0,000	0,063	0,015	0,015
Colisión con objetos fijos	0,5	0,028	0,813	0,195	0,224
Colisión con otros objetos	0,028	0,002	0,016	0,004	0,005
Otras colisiones un solo vehículo	0,471	0,027	0,108	0,026	0,053

Tabla 8. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accesos	Número de accesos, n_j	Accidentes por accesos por año, N_j	Coeficiente de tráfico ajustado, t	Inicial N_{brdwy}	Parámetro de sobre dispersión, k
		de la tabla 12-7 (HSM)	de la tabla 12-7 (HSM)	Ecuación $n_j * N_j * (TPDA/15,000)t$	de la tabla 12-7 (HSM)
Comercial principal	0	0,033	1,106	0,000	-
Comercial secundario	0	0,011	1,106	0,000	
Industrial/institucional principal	0	0,036	1,106	0,000	
Industrial/institucional secundario	0	0,005	1,106	0,000	
Residencial principal	0	0,018	1,106	0,000	
Residencial secundario	6	0,003	1,106	0,053	
Otros	0	0,005	1,106	0,000	
Total	-	-	-	0,053	1,39

Tabla 9. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4	5	6	7
Nivel de gravedad del accidente	Inicial N_{brdwy}	Proporción del total de accidentes (f_{dwy})	Ajustado N_{brdwy}	Conjunto CMFs	Factor de Calibración, C_r	Pronosticado N_{brdwy}
	(5) Total de la tabla 8	de la tabla 12-7 (HSM)	(2) Total*(3)	(6) de la tabla 3		(4)*(5)*(6)
Total	0,053	1,00	0,053	1,07	1	0,056
Fatal y lesiones (FI)	-	0,284	0,015	1,07	1	0,016
Solo daños materiales (PDO)	-	0,716	0,038	1,07	1	0,040

Tabla 10. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{pedr}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{pedr}
	(9) de la tabla 4	(9) de la tabla 6	(7) de la tabla 9	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-8 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	2,504	0,297	0,056	2,857	0,067	1	2,924
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	2,924

Tabla 11. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{biker}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{biker}
	(9) de la tabla 4	(9) de la tabla 6	(7) de la tabla 9	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-9 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	2,504	0,297	0,056	2,857	0,013	1	0,037
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	0,037

Tabla 12. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)
Tipo de Accidente	Fatal y lesiones (FI)	Solo daños materiales (PDO)	Total
	(3) de la tabla 5 y 7; (7) de la tabla 9; y (8) de la tabla 10 y 11	(5) de la tabla 5 y 7; y (7) de la tabla 9	(6) de la tabla 5 y 7; (7) de la tabla 9; y (8) de la tabla 10 y 11
Accidentes múltiples-vehículos			
Colisión trasera (de la tabla 5)	0,557	1,215	1,772
Colisión delantera (de la tabla 5)	0,013	0,013	0,026
Colisión angular (de la tabla 5)	0,027	0,066	0,093
Colisión lateral o de raspado, misma dirección (de la tabla 5)	0,033	0,409	0,443
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta (de la tabla 5)	0,007	0,002	0,009
Colisión por accesos (de la tabla 9)	0,016	0,040	0,056
Otras colisiones múltiples-vehículos (de la tabla 5)	0,032	0,130	0,162
Subtotal	0,685	1,875	2,560
Accidentes de un solo vehículo			
Colisión con un animal (de la tabla 7)	0,000	0,015	0,015
Colisión con un objeto fijo (de la tabla 7)	0,028	0,195	0,224
Colisión con otro objeto (de la tabla 7)	0,002	0,004	0,005
Otra colisión de un solo vehículo (de la tabla 7)	0,027	0,026	0,053
Colisión con peatón (de la tabla 10)	0,191	0,000	0,191
Colisión con bicicleta (de la tabla 11)	0,037	0,000	0,037
Subtotal	0,285	0,240	0,525
Total	0,970	2,115	3,086

Tabla 13. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 12		(2)/(3)
Total	3,086	0,300	10,286
Fatal y lesiones (FI)	0,970	0,300	3,234
Solo daños materiales (PDO)	2,115	0,300	7,052

6.2.1.2. Pasos para un escenario futuro, en el periodo actual año 2019.

El escenario futuro se evaluará con el uso de las rejillas en la mediana, para esto el HSM menciona que para mediana no transitable el CMF_{3r} tendría un valor igual a 1,00.

6.2.1.2.1. Paso 9. Determinar el SPF.

El SPF para segmentos de vía se aplica según el tipo de accidente como: accidentes de múltiples vehículos sin accesos, un solo vehículo, de múltiples vehículos relacionada con los accesos, vehículo - peatón y vehículo - bicicleta.

Accidentes de múltiples vehículos sin accesos.

Los accidentes de múltiples vehículos sin accesos se calculan a partir de la ecuación 1 y los coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-3 del HSM en el anexo 9.

$$N_{brmv(Total)} = 0,628 + 1,722 = 2,351 \text{ accidentes / año}$$

Accidentes de un solo vehículo.

Los accidentes de un solo vehículo se calculan a partir de la ecuación 5 y los coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-5 del HSM en el anexo 10.

$$N_{brsv(Total)} = 0,053 + 0,226 = \mathbf{0,279 \text{ accidentes/año}}$$

Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos.

Los accidentes de múltiples vehículos relacionados con los accesos se calculan a partir de la ecuación 9 y N_j , n_j y t se presentan en la tabla 12-7 del HSM en el anexo 11.

$$N_{brdwy(Total)} = 0,015 + 0,038 = \mathbf{0,053 \text{ accidentes/año}}$$

6.2.1.2.2. Paso 10. Aplicar los CMF.

En este paso el resultado es usado para ajustar el SPF del paso 9 en cuanto a los efectos del diseño geométrico y tránsito del sitio de estudio como se puede observar en la ecuación 18.

CMF_{1r} – Para estacionamiento en la calle.

El CMF_{1r} se calcula a partir de la ecuación 14 y tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{1r} = 1,01$$

CMF_{2r} – Para objetos fijos en la vía.

El CMF_{2r} se calcula a partir de la ecuación 15 y tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{2r} = 1,15$$

CMF_{3r} – Para ancho de mediana.

El CMF_{3r} se determina por medio de la tabla 12-22 del HSM en el anexo 16, sin embargo, al asumir que la mediana no es transitable a causa de la rejilla, el CMF_{3r} tiene el siguiente valor:

$$CMF_{3r} = 1,00$$

CMF_{4r} – Para iluminación.

El CMF_{4r} se calcula a partir de la ecuación 16 y tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{4r} = 0,91$$

CMF_{5r} - Para control de velocidad automática

Este CMF_{5r} tiene el siguiente valor:

$$CMF_{5r} = 1,00$$

La combinación de los CMF se calcula por medio de la ecuación 17 tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{comb} = 1,01 \times 1,15 \times 1,00 \times 0,91 \times 1,00$$

$$CMF_{comb} = 1,05$$

Después de esto se calcula el N_{br} con la ecuación 18 para determinar los SPF de accidentes vehículo-peatón y vehículo-bicicleta.

$$N_{br} = 2,683 \times 1,05$$

$$N_{br} = 2,828 \text{ accidentes/año}$$

Accidentes vehículo-peatón.

El SPF para accidentes vehículo-peatón se calcula con la ecuación 19 de la siguiente manera:

$$N_{pedr} = 2,828 \times 0,067$$

$$N_{pedr} = 0,189 \text{ accidentes/años}$$

Accidentes vehículo-bicicleta.

El SPF para accidentes vehículo-bicicleta se calcula con la ecuación 20 de la siguiente manera:

$$N_{biker} = 2,828 \times 0,013$$

$$N_{biker} = 0,037 \text{ accidentes/año}$$

6.2.1.2.3. Paso 11. Aplicar el factor de calibración.

Cálculo de la frecuencia de accidentalidad promedio pronosticado.

Se determina un factor de calibración (C_r) de 1,00 y se usa la ecuación 21.

$$N_{predicted\ rs} = C_r \times (N_{br} + N_{pedr} + N_{biker}) \quad (21)$$

$$N_{predicted\ rs} = 1,00(2,828 + 0,189 + 0,037)$$

$$N_{predicted\ rs} = 3,054 \text{ accidentes/año}$$

6.2.1.2.4. Hoja de cálculo para el escenario futuro.

Tabla 14. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
CMF para estacionamiento en la calle	CMF para objetos fijos en la vía	CMF para ancho de mediana	CMF para iluminación	CMF para Control de velocidad automática	Conjunto de CMF
CMF _{1r}	CMF _{2r}	CMF _{3r}	CMF _{4r}	CMF _{5r}	CMF _{comb}
de la ecuación 12-32 (HSM)	de la ecuación 12-33 (HSM)	de la ecuación 12-22 (HSM)	de la ecuación 12-34 (HSM)	de la sección 12.7.1 (HSM)	(1)*(2)*(3)*(4)*(5)
1,01	1,15	1,00	0,91	1,00	1,05

Tabla 15. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brmv}	Proporción de accidentes totales	Ajustado N _{brmv}	Conjunt o CMFs	Factor de calibració n	Pronosticad o N _{brmv}
	de la tabla 12-3 (HSM)		de la tabla 12-3 (HSM)	de la ecuación 12-10 (HSM)		(4) _{Total} *(5)	(6) de la tabla 14	C _r	(6)*(7)*(8)
	A	b							
Total	-12,34	1,36	1,32	2,351	1,000	2,351	1,05	1,00	2,479
Fatal y lesión (FI)	-12,76	1,28	1,31	0,662	(4) _{FI} /((4) _{FI} +(4) _{PDO})	0,628	1,05	1,00	0,662
					0,267				
Solo daños materiales (PDO)	-12,81	1,38	1,34	1,816	(5) _{Total} -(5) _{FI}	1,722	1,05	1,00	2,479
					0,733				

Tabla 16. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accidente	Proporción de tipo de accidentalidad (FI)	Pronosticado $N_{brmv(FI)}$ (accidentes/año)	Proporción del tipo de colisión (PDO)	Pronosticado $N_{brmv(PDO)}$ (accidentes/año)	Pronosticado $N_{brmv(total)}$ (accidentes/año)
	de la tabla 12-4 (HSM)	(9) _{FI} de la tabla 15	de la tabla 12-4 (HSM)	(9) _{PDO} de la tabla 15	(9) _{Total} de la tabla 15
Total	1.000	0,669 (2)*(3) _{FI}	1.000	1,816 (4)*(5) _{PDO}	2,479 (3)+(5)
Colisión trasera	0,832	0,551	0,662	1,202	1,753
Colisión delantera	0,02	0,013	0,007	0,013	0,026
Colisión angular	0,04	0,026	0,036	0,065	0,092
Colisión lateral o de raspado, misma dirección	0,05	0,033	0,223	0,405	0,438
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta	0,01	0,007	0,001	0,002	0,008
Otras colisiones múltiple-vehículos	0,048	0,032	0,071	0,129	0,161

Tabla 17. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brsv}	Proporción total de accidentes	Ajustado N _{brsv}	Conjunto de CMFs	Factor de Calibración	Pronosticado N _{brsv}
	de la tabla 12-5 (HSM)		de la tabla 12-5 (HSM)	de la ecuación 12-13 (HSM)		(4) _{total} *(5)	(6) de la tabla 14	Cr	(6)*(7)*(8)
	a	B							
Total	-5,05	0,47	0,86	0,279	1	0,279	1,05	1,00	0,294
Fatal y lesiones (FI)	-8,71	0,66	0,28	0,054	(4) _{FI} /((4) _{FI} +(4) _{PDO})	0,053	1,05	1,00	0,056
					0,191				
Solo daños materiales (PDO)	-5,04	0,45	1,06	0,228	(5) _{Total} -(5) _{FI}	0,226	1,05	1,00	0,238
					0,809				

Tabla 18. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de Colisión	Proporción del Tipo de Colisión $_{(FI)}$	Pronostico $N_{brsv(FI)}$ (accidentes/años)	Proporción del tipo de colisión	Pronostico $N_{brsv(PDO)}$ (accidentes/años)	Pronostico $N_{brsv(Total)}$ (accidentes/años)
	de la tabla 12-6	(9) de la tabla 17	de la tabla 12-6	(9) $_{PDO}$ de la tabla 17	(9) $_{Total}$ de la tabla 17
Total	1	0,056 $(2)*(3)_{FI}$	1	0,238 $(4)*(5)_{PDO}$	0,294 $(3)+(5)$
Colisión con animal	0,001	0,0001	0,063	0,015	0,015
Colisión con objetos fijos	0,5	0,028	0,813	0,193	0,221
Colisión con otros objetos	0,028	0,002	0,016	0,004	0,005
Otras colisiones un solo vehículo	0,471	0,026	0,108	0,026	0,052

Tabla 19. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accesos	Número de accesos, n_j	Accidentes por accesos por año, N_j	Coefficiente de tráfico ajustado, t	Inicial N_{brdwy}	Parámetro de sobre dispersión, k
		de la tabla 12-7 (HSM)	de la tabla 12-7 (HSM)	Ecuación $n_j * N_j * (TPDA/15,000)t$	de la tabla 12-7 (HSM)
Comercial principal	0	0,033	1,106	0,000	-
Comercial secundario	0	0,011	1,106	0,000	
Industrial/institucional principal	0	0,036	1,106	0,000	
Industrial/institucional secundario	0	0,005	1,106	0,000	
Residencial principal	0	0,018	1,106	0,000	
Residencial secundario	6	0,003	1,106	0,053	
Otros	0	0,005	1,106	0,000	
Total	-	-	-	0,053	1,39

Tabla 20. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4	5	6	7
Nivel de gravedad del accidente	Inicial N_{brdwy}	Proporción del total de accidentes (f_{dwy})	Ajustado N_{brdwy}	Conjunto CMFs	Factor de Calibración, C_r	Pronosticado N_{brdwy}
	(5) _{Total} de la tabla 19	de la tabla 12-7 (HSM)	(2) _{Total} *(3)	(6) de la tabla 15		(4)*(5)*(6)
Total	0,053	1,00	0,053	1,05	1	0,056
Fatal y lesiones (FI)	-	0,284	0,015	1,05	1	0,016
Solo daños materiales (PDO)	-	0,716	0,038	1,05	1	0,040

Tabla 21. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{pedr}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{pedr}
	(9) de la tabla 15	(9) de la tabla 17	(7) de la tabla 20	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-8 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	2,479	0,294	0,056	2,828	0,067	1	0,189
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	0,189

Tabla 22. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{biker}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{biker}
	(9) de la tabla 15	(9) de la tabla 17	(7) de la tabla 20	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-9 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	2,479	0,294	0,056	2,828	0,013	1	0,037
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	0,037

Tabla 23. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)
Tipo de Accidente	Fatal y lesiones (FI)	Solo daños materiales (PDO)	Total
	(3) de la tabla 16 y 18; (7) de la tabla 20; y (8) de la tabla 21 y 22	(5) de la tabla 16 y 18; y (7) de la tabla 20	(6) de la tabla 16 y 18; (7) de la tabla 20; y (8) de la tabla 21 y 22
Accidentes múltiples-vehículos			
Colisión trasera (de la tabla 16)	0,551	1,202	1,753
Colisión delantera (de la tabla 16)	0,013	0,013	0,026
Colisión angular (de la tabla 16)	0,026	0,065	0,092
Colisión lateral o de raspado, misma dirección (de la tabla 16)	0,033	0,405	0,438
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta (de la tabla 16)	0,007	0,002	0,008
Colisión por accesos (de la tabla 20)	0,016	0,040	0,056
Otras colisiones múltiples-vehículos (de la tabla 16)	0,032	0,129	0,161
Subtotal	0,678	1,856	2,534
Accidentes de un solo vehículo			
Colisión con un animal (de la tabla 18)	0,000	0,015	0,015
Colisión con un objeto fijo (de la tabla 18)	0,028	0,193	0,221
Colisión con otro objeto (de la tabla 18)	0,002	0,004	0,005
Otra colisión de un solo vehículo (de la tabla 18)	0,026	0,026	0,052
Colisión con peatón (de la tabla 21)	0,189	0,000	0,189
Colisión con bicicleta (de la tabla 22)	0,037	0,000	0,037
Subtotal	0,282	0,238	0,520
Total	0,960	2,094	3,054

Tabla 24. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 23		(2)/(3)
Total	3,054	0,300	10,181
Fatal y lesiones (FI)	0,960	0,300	3,201
Solo daños materiales (PDO)	2,094	0,300	6,980

6.2.2. Carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.

6.2.2.1. Pasos para un escenario base, en el periodo actual año 2019.

El estudio del escenario base se realiza sin los estoperoles metálicos que hay en la actualidad instalada en San Alonso, con el fin de observar la efectividad de su instalación por medio de la metodología del HSM

- **Pasos 1 al 8.**

Para dar inicio con el método predictivo es necesario definir el tipo de infraestructura a estudiar, el cual sería arteria de dos carriles sin división (2U), el periodo de estudio será el mismo que el tramo del barrio de Provenza, los pasos 3 y 4 se simplifica en la siguiente tabla, mientras los pasos 5, 6 y 7 no aplican para el proyecto.

Tabla 25. Información general.

Información General		Información sobre la Ubicación	
Analistas	Luz Yesenia García Chacón	Vía	Carrera 30
	Paula Katherin Ortiz Suarez	Sección de la vía	Calle14-Calle18
Agencia o compañía	Universidad Pontificia Bolivariana	Jurisdicción	B/manga, Sder
Fecha de realización	Junio	Año de análisis	2019
Datos de entrada		Condiciones Base	Condiciones del sitio
Tipo de infraestructura (2U, 3T, 4U, 4D, 5T)		-	2D
Longitud del segmento, L (mi)		-	0,17
TPDA (Veh/día)		-	18012,5
Tipo de estacionamiento en la calle (ninguno, paralelo, ángulo)		ninguno	ninguno
Proporción de la longitud del bordillo de estacionamiento en la calle, P_{pk}		-	-
Ancho de mediana (ft)		15	9.84
Iluminación (presente / no presenta)		no presenta	presenta
Control de velocidad automática (presente / no presenta)		no presenta	no presenta
Accesos comerciales principales (número)		-	0
Accesos comerciales secundarios (número)		-	1
Accesos industriales/institucionales principales (número)		-	0
Accesos industriales/institucionales secundarios (número)		-	0
Accesos residencial principales (número)		-	1
Accesos residencial secundarios (número)		-	5
Otros accesos (número)		-	0
Categoría de velocidad		-	30 km/h
Espesor de objetos fijos en la vía, D_{fo} (objetos fijos/mi)		no presenta	18
Desplazamiento de objetos fijos en la vía, O_{fo} (ft)		no presenta	2,85
Factor de calibración		1,0	1,0

6.2.2.1.1. Paso 9. Determinar el SPF.

En cuanto la estimación del TPDA para segmentos de vía en el uso del SPF en arterias urbanas y suburbanas es válida si el TPDA está en los siguientes rangos:

- 2U: 0 a 32600 vehículos/día.
- 3T: 0 a 32900 vehículos/día.
- 4U: 0 a 40100 vehículos/día.
- 4D: 0 a 66000 vehículos/día.
- 5T: 0 a 53800 vehículos/día.

Los TPDA que estén por fuera de ese rango es posible que no proporcionen resultados confiables.

Teniendo en cuenta que el tramo de estudio corresponde a una vía 2D y el TPDA es igual 18012,5 vehículos/día está dentro el rango mencionado anteriormente.

El SPF para segmentos de vía se aplica según el tipo de accidente como: accidentes de múltiples vehículos sin accesos, un solo vehículo, de múltiples vehículos relacionada con los accesos, vehículo - peatón y vehículo - bicicleta.

Accidentes de múltiples vehículos sin accesos.

Los accidentes de múltiples vehículos sin accesos se calculan a partir de la ecuación 1 y los coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-3 del HSM en el anexo 9.

$$N_{brmv(Total)} = 0,578 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brmv(FI)} = 0,175 \text{ accidentes / año}$$

$$N_{brmv(PDO)} = 0,428 \text{ accidentes / año}$$

Los valores iniciales para accidentes fatales y lesión (FI) y daños materiales solo se ajustan con la ecuación 2 para confirmar el total de N_{brmv} , tiene el siguiente resultado:

$$N_{brmv(FI)} = 0,168 \text{ accidentes / año}$$

Para calcular el $N_{brmv(PDO)}$ se calcula a partir de la ecuación 3:

$$N_{brmv(PDO)} = 0,410 \text{ accidentes / año}$$

El $N_{brmv(Total)}$ es a partir de la ecuación 4 y tiene el siguiente valor:

$$N_{brmv(Total)} = 0,578 \text{ accidentes / año}$$

Sin embargo, al $N_{brmv(Total)}$ se le realiza un último ajuste, debido a que el tramo a cual corresponde el estudio es una vía de un solo sentido de dos carriles sin división, este tipo de vía no se encuentra en el HSM, se procede en la tabla 28 a eliminar el tipo de choque por dirección opuesta, dando como resultado un $N_{brmv(Total)}$ igual a:

$$N_{brmv(Total)} = \mathbf{0,586 \text{ accidentes / año}}$$

El resultado anterior se puede ver reflejado en la tabla 28.

Accidentes de un solo vehículo.

Los accidentes de un solo vehículo se calculan a partir de la ecuación 5 y los coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-5 del HSM en el anexo 10.

$$N_{brsv(Total)} = 0,170 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(FI)} = 0,030 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(PDO)} = 0,132 \text{ accidentes/año}$$

Los valores iniciales para accidentes fatales y lesión (FI) y daños materiales solo se ajustan con la ecuación 6 para confirmar el total de N_{brsv} , esto de la siguiente manera:

$$N_{brsv(FI)} = 0,032 \text{ accidentes/año}$$

Para calcular el $N_{brsv(PDO)}$ se calcula a partir de la ecuación 7:

$$N_{brsv(PDO)} = 0,138 \text{ accidentes/año}$$

El $N_{brsv(Total)}$ es a partir de la ecuación 8 y tiene el siguiente valor:

$$N_{brsv(Total)} = 0,170 \text{ accidentes/año}$$

Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos.

Los accidentes de múltiples vehículos relacionados con los accesos se calculan a partir de la ecuación 9 y N_j , n_j y t se presentan en la tabla 12-7 del HSM en el anexo 11.

$$N_{brdwy(Total)} = 0,256 \text{ accidentes/año}$$

Este tipo de accidentes relacionados por accesos se puede separar por nivel de gravedad fatal y lesiones; y solo daños a propiedad por medio de la ecuación 10 y 11, de la siguiente manera:

$$N_{brdwy(FI)} = 0,083 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brdwy(PDO)} = 0,173 \text{ accidentes/año}$$

El $N_{brdwy(Total)}$ es a partir de la ecuación 12 y tiene el siguiente valor:

$$N_{brdwy(Total)} = 0,256 \text{ accidentes/año}$$

6.2.2.1.2. Paso 10. Aplicar los CMF.

En este paso el resultado es usado para ajustar el SPF del paso 9 en cuanto a los efectos del diseño geométrico y tránsito del sitio de estudio como se puede observar en la ecuación (18).

CMF_{1r} – Para estacionamiento en la calle.

El CMF_{1r} tiene como condición base la ausencia de estacionamiento en la calle lo cual corresponde a la condición del sitio de estudio, por lo tanto, el CMF_{1r} es igual a:

$$CMF_{1r} = 1,00$$

CMF_{2r} – Para objetos fijos en la vía.

El CMF_{2r} se calcula a partir de la ecuación 15 y tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{2r} = 1,16$$

CMF_{3r} – Para ancho de mediana.

El CMF_{3r} se determina por medio de la tabla 12-22 del HSM en el anexo 16, tiene como condición base un ancho de mediana de 15 pies, para el tramo de estudio el cual hay ausencia de mediana se asume un CMF_{3r} igual a:

$$CMF_{3r} = 1,00$$

CMF_{4r} – Para iluminación.

El CMF_{4r} se calcula a partir de la ecuación 16 y tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{4r} = 0,93$$

CMF_{5r} - Para control de velocidad automática

Este CMF_{5r} tiene el siguiente valor:

$$CMF_{5r} = 1,00$$

La combinación de los CMF se calcula por medio de la ecuación 17 tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{comb} = 1,00 \times 1,16 \times 1,00 \times 0,93 \times 1,00$$

$$CMF_{comb} = 1,08$$

Después de esto se calcula el N_{br} con la ecuación 18 para determinar los SPF de accidentes vehículo-peatón y vehículo-bicicleta.

$$N_{br} = 1,045 \text{ accidentes/año}$$

Accidentes vehículo-peatón.

El SPF para accidentes vehículo-peatón se calcula con la ecuación 19 de la siguiente manera:

$$N_{pedr} = 1,045 \times 0,036$$

$$N_{pedr} = 0,038 \text{ accidentes/años}$$

Accidentes vehículo-bicicleta.

El SPF para accidentes vehículo-bicicleta se calcula con la ecuación 20 de la siguiente manera:

$$N_{biker} = 1,045 \times 0,018$$

$$N_{biker} = 0,019 \text{ accidentes/año}$$

6.2.2.1.3. Paso 11. Aplicar el factor de calibración.

Calculo de la frecuencia de accidentalidad promedio pronosticado.

Se determina un factor de calibración (C_r) de 1,00.

$$N_{predicted\ rs} = C_r \times (N_{br} + N_{pedr} + N_{biker}) \quad (21)$$

$$N_{predicted\ rs} = 1,00(1,045 + 0,038 + 0,019)$$

$$N_{predicted\ rs} = 1,101 \text{ accidentes/año}$$

6.2.2.1.4. Hoja de cálculo.

Tabla 26. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
CMF para estacionamiento en la calle	CMF para objetos fijos en la vía	CMF para ancho de mediana	CMF para iluminación	CMF para Control de velocidad automática	Conjunto de CMF
CMF _{1r}	CMF _{2r}	CMF _{3r}	CMF _{4r}	CMF _{5r}	CMF _{comb}
de la ecuación 12-32 (HSM)	de la ecuación 12-33 (HSM)	de la ecuación 12-22 (HSM)	de la ecuación 12-34 (HSM)	de la sección 12.7.1 (HSM)	(1)*(2)*(3)*(4)*(5)
1,00	1,16	1,00	0,93	1,00	1,08

Tabla 27. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brmv}	Proporción de accidentes totales	Ajustado N _{brmv}	Conjunto CMFs	Factor de calibración	Pronosticado N _{brmv}
	de la tabla 12-3 (HSM)		de la tabla 12-3 (HSM)	de la ecuación 12-10 (HSM)		(4) _{Total} *(5)	(6) de la tabla 26	C _r	(6)*(7)*(8)
	a	b							
Total	-15,22	1,68	0,84	0,578	1,000	0,578	1,08	1,00	0,624
Fatal y lesión (FI)	-16,22	1,66	0,65	0,175	(4) _{FI} /((4) _{FI} +(4) _{PDO})	0,168	1,08	1,00	0,181
					0,290				
Solo daños materiales (PDO)	-15,62	1,69	0,87	0,428	(5) _{Total} -(5) _{FI}	0,410	1,08	1,00	0,443
					0,710				

Tabla 28. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accidente	Proporción de tipo de accidentalidad _(FI)	Pronosticado $N_{brmv(FI)}$ (accidentes/año)	Proporción del tipo de colisión _(PDO)	Pronosticado $N_{brmv (PDO)}$ (accidentes/año)	Pronosticado $N_{brmv (total)}$ (accidentes/año)
	de la tabla 12-4 (HSM)	(9) _{FI} de la tabla 27	de la tabla 12-4 (HSM)	(9) _{PDO} de la tabla 27	(9) _{Total} de la tabla 27
Total	1.000	1,181 (2)*(3) _{FI}	1.000	1,442 (4)*(5) _{PDO}	0,586 (3)+(5)
Colisión trasera	0,73	0,132	0,778	0,344	0,476
Colisión delantera	0,068	0,012	0,004	0,002	0,014
Colisión angular	0,085	0,015	0,079	0,035	0,050
Colisión lateral o de raspado, misma dirección	0,015	0,003	0,031	0,014	0,016
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta	0	0,000	0	0,000	0,000
Otras colisiones múltiple-vehículos	0,029	0,005	0,053	0,023	0,029

Tabla 29. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brsv}	Proporción total de accidentes	Ajustado N _{brsv}	Conjunto de CMFs	Factor de Calibración	Pronosticado N _{brsv}
	de la tabla 12-5 (HSM)		de la tabla 12-5 (HSM)	de la ecuación 12-13 (HSM)		(4) _{total} *(5)	(6) de la tabla 26	Cr	(6)*(7)*(8)
	a	b							
Total	-5,47	0,56	0,81	0,170	1	0,170	1,08	1,00	0,183
Fatal y lesiones (FI)	-3,96	0,23	0,5	0,030	(4) _{FI} /((4) _{FI} +(4) _{PDO})	0,032	1,08	1,00	0,034
					0,187				
Solo daños materiales (PDO)	-6,51	0,64	0,87	0,132	(5) _{Total} -(5) _{FI}	0,138	1,08	1,00	0,149
					0,813				

Tabla 30. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de Colisión	Proporción del Tipo de Colisión _(FI)	Pronostico $N_{brsv(FI)}$ (accidentes/años)	Proporción del tipo de colisión	Pronostico $N_{brsv(PDO)}$ (accidentes/años)	Pronostico $N_{brsv(Total)}$ (accidentes/años)
	de la tabla 12-6	(9) de la tabla 29	de la tabla 12-6	(9) _{PDO} de la tabla 29	(9) _{Total} de la tabla 29
Total	1	0,034 (2)*(3) _{FI}	1	0,149 (4)*(5) _{PDO}	0,183 (3)+(5)
Colisión con animal	0,026	0,001	0,066	0,010	0,011
Colisión con objetos fijos	0,723	0,025	0,759	0,113	0,138
Colisión con otros objetos	0,01	0,0003	0,013	0,002	0,002
Otras colisiones un solo vehículo	0,241	0,008	0,162	0,024	0,032

Tabla 31. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accesos	Número de accesos, n_j	Accidentes por accesos por año, N_j	Coefficiente de tráfico ajustado, t	Inicial N_{brdwy}	Parámetro de sobre dispersión, k
		de la tabla 12-7 (HSM)	de la tabla 12-7 (HSM)	Ecuación $n_j * N_j * (TPDA/15,000)t$	de la tabla 12-7 (HSM)
Comercial principal	0	0,158	1	0,000	-
Comercial secundario	1	0,05	1	0,060	
Industrial/institucional principal	0	0,172	1	0,000	
Industrial/institucional secundario	0	0,023	1	0,000	
Residencial principal	1	0,083	1	0,100	
Residencial secundario	5	0,016	1	0,096	
Otros	0	0,025	1	0,000	
Total	-	-	-	0,256	0,81

Tabla 32. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4	5	6	7
Nivel de gravedad del accidente	Inicial N_{brdwy}	Proporción del total de accidentes (f_{dwy})	Ajustado N_{brdwy}	Conjunto CMFs	Factor de Calibración, C_r	Pronosticado N_{brdwy}
	(5) _{Total} de la tabla 31	de la tabla 12-7 (HSM)	(2) _{Total} *(3)	(6) de la tabla 26		(4)*(5)*(6)
Total	0,256	1,00	0,256	1,08	1	0,276
Fatal y lesiones (FI)	-	0,323	0,083	1,08	1	0,089
Solo daños materiales (PDO)	-	0,68	0,173	1,08	1	0,187

Tabla 33. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{pedr}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{pedr}
	(9) de la tabla 27	(9) de la tabla 29	(7) de la tabla 32	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-8 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	0,586	0,183	0,276	1,045	0,036	1	0,038
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	0,038

Tabla 34. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{biker}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{biker}
	(9) de la tabla 27	(9) de la tabla 29	(7) de la tabla 32	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-9 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	0,586	0,183	0,276	1,045	0,018	1	0,019
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	0,019

Tabla 35. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)
Tipo de Accidente	Fatal y lesiones (FI)	Solo daños materiales (PDO)	Total
	(3) de la tabla 28 y 30; (7) de la tabla 32; y (8) de la tabla 33 y 34	(5) de la tabla 28 y 30; y (7) de la tabla 32	(6) de la tabla 28 y 30; (7) de la tabla 32; y (8) de la tabla 33 y 34
Accidentes múltiples-vehículos			
Colisión trasera (de la tabla 28)	0,132	0,344	0,476
Colisión delantera (de la tabla 28)	0,012	0,002	0,014
Colisión angular (de la tabla 28)	0,015	0,035	0,050
Colisión lateral o de raspado, misma dirección (de la tabla 28)	0,003	0,014	0,016
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta (de la tabla 28)	0,000	0,000	0,000
Colisión por accesos (de la tabla 32)	0,089	0,187	0,276
Otras colisiones múltiples-vehículos (de la tabla 28)	0,005	0,023	0,029
Subtotal	0,257	0,605	0,862
Accidentes de un solo vehículo			
Colisión con un animal (de la tabla 30)	0,001	0,010	0,011
Colisión con un objeto fijo (de la tabla 30)	0,025	0,113	0,138
Colisión con otro objeto (de la tabla 30)	0,000	0,002	0,002
Otra colisión de un solo vehículo (de la tabla 30)	0,008	0,024	0,032
Colisión con peatón (de la tabla 33)	0,038	0,000	0,038
Colisión con bicicleta (de la tabla 34)	0,019	0,000	0,019
Subtotal	0,091	0,149	0,240
Total	0,348	0,754	1,101

Tabla 36. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 35		(2)/(3)
Total	1,101	0,167	6,596
Fatal y lesiones (FI)	0,348	0,167	2,082
Solo daños materiales (PDO)	0,754	0,167	4,514

6.2.2.2. Pasos para un escenario futuro, en el periodo actual 2019.

El escenario futuro se evaluará con el uso de los estoperoles metálicos, para esto el HSM en el capítulo D menciona que el uso de estos reductores de velocidad tiene un CMF tendría un valor igual a 0,60.

6.2.2.2.2. Paso 9. Determinar el SPF.

El SPF para segmentos de vía se aplica según el tipo de accidente como: accidentes de múltiples vehículos sin accesos, un solo vehículo, de múltiples vehículos relacionada con los accesos, vehículo - peatón y vehículo - bicicleta.

Accidentes de múltiples vehículos sin accesos.

Los accidentes de múltiples vehículos sin accesos se calculan a partir de la ecuación 1 y los coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-3 del HSM en el anexo 9.

$$N_{brmv(Total)} = 0,578 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brmv(FI)} = 0,175 \text{ accidentes / año}$$

$$N_{brmv(PDO)} = 0,428 \text{ accidentes / año}$$

Los valores iniciales para accidentes fatales y lesión (FI) y daños materiales solo se ajustan con la ecuación 2 para confirmar el total de N_{brmv} , tiene el siguiente resultado:

$$N_{brmv(FI)} = 0,168 \text{ accidentes / año}$$

Para calcular el $N_{brmv(PDO)}$ se calcula a partir de la ecuación 3:

$$N_{brmv(PDO)} = 0,410 \text{ accidentes / año}$$

El $N_{brmv(Total)}$ es a partir de la ecuación 4 y tiene el siguiente valor:

$$N_{brmv(Total)} = 0,578 \text{ accidentes / año}$$

Sin embargo, al $N_{brmv(Total)}$ se le realiza un último ajuste, debido a que el tramo a cual corresponde el estudio es una vía de un solo sentido de dos carriles sin división, este tipo de vía no se encuentra en el HSM, se procede en la tabla 39 a eliminar el tipo de choque por dirección opuesta, dando como resultado un $N_{brmv(Total)}$ igual a:

$$N_{brmv(Total)} = 0,352 \text{ accidentes / año}$$

El resultado anterior se puede ver reflejado en la tabla 39.

Accidentes de un solo vehículo.

Los accidentes de un solo vehículo se calculan a partir de la ecuación 5 y los coeficientes de regresión se presentan en la tabla 12-5 del HSM en el anexo 10.

$$N_{brsv(Total)} = 0,170 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(FI)} = 0,030 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brsv(PDO)} = 0,132 \text{ accidentes/año}$$

Los valores iniciales para accidentes fatales y lesión (FI) y daños materiales solo se ajustan con la ecuación 6 para confirmar el total de N_{brsv} , esto de la siguiente manera:

$$N_{brsv(FI)} = 0,032 \text{ accidentes/año}$$

Para calcular el $N_{brsv(PDO)}$ se calcula a partir de la ecuación 7:

$$N_{brsv(PDO)} = 0,138 \text{ accidentes/año}$$

El $N_{brsv(Total)}$ es a partir de la ecuación 8 y tiene el siguiente valor:

$$N_{brsv(Total)} = \mathbf{0,170 \text{ accidentes/año}}$$

Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos.

Los accidentes de múltiples vehículos relacionados con los accesos se calculan a partir de la ecuación 9 y N_j , n_j y t se presentan en la tabla 12-7 del HSM en el anexo 11.

$$N_{brdwy(Total)} = 0,256 \text{ accidentes/año}$$

Este tipo de accidentes relacionados por accesos se puede separar por nivel de gravedad fatal y lesiones; y solo daños a propiedad por medio de la ecuación 10 y 11, de la siguiente manera:

$$N_{brdwy(FI)} = 0,083 \text{ accidentes/año}$$

$$N_{brdwy(PDO)} = 0,173 \text{ accidentes/año}$$

El $N_{brdwy(Total)}$ es a partir de la ecuación 12 y tiene el siguiente valor:

$$N_{brdwy(Total)} = 0,256 \text{ accidentes/año}$$

6.2.2.2.3. Paso 10. Aplicar los CMF.

En este paso el resultado es usado para ajustar el SPF del paso 9 en cuanto a los efectos del diseño geométrico y tránsito del sitio de estudio como se puede observar en la ecuación (18).

CMF_{1r} – Para estacionamiento en la calle.

El CMF_{1r} tiene como condición base la ausencia de estacionamiento en la calle lo cual corresponde a la condición del sitio de estudio, por lo tanto, el CMF_{1r} es igual a:

$$CMF_{1r} = 1,00$$

CMF_{2r} – Para objetos fijos en la vía.

El CMF_{2r} se calcula a partir de la ecuación 15 y tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{2r} = 1,16$$

CMF_{3r} – Para ancho de mediana.

El CMF_{3r} se determina por medio de la tabla 12-22 del HSM en el anexo 16, tiene como condición base un ancho de mediana de 15 pies, para el tramo de estudio el cual hay ausencia de mediana se asume un CMF_{3r} igual a:

$$CMF_{3r} = 1,00$$

CMF_{4r} – Para iluminación.

El CMF_{4r} se calcula a partir de la ecuación 16 y tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{4r} = 0,93$$

CMF_{5r} - Para control de velocidad automática

Este CMF_{5r} tiene el siguiente valor:

$$CMF_{5r} = 1,00$$

CMF - reductor de velocidad (estoperoles)

Este CMF tiene como condición base la ausencia de estoperoles como reductores de velocidad, según el capítulo D del HSM, tiene el siguiente valor:

$$CMF = 0,6$$

La combinación de los CMF se calcula por medio de la ecuación 17 tiene el siguiente resultado:

$$CMF_{comb} = 1,00 \times 1,16 \times 1,00 \times 0,93 \times 1,00 \times 0,6$$

$$CMF_{comb} = 0,65$$

Después de esto se calcula el N_{br} con la ecuación 18 para determinar los SPF de accidentes vehículo-peatón y vehículo-bicicleta.

$$N_{br} = 0,627 \text{ accidentes/año}$$

Accidentes vehículo-peatón.

El SPF para accidentes vehículo-peatón se calcula con la ecuación 19 de la siguiente manera:

$$N_{pedr} = 0,627 \times 0,036$$

$$N_{pedr} = 0,023 \text{ accidentes/años}$$

Accidentes vehículo-bicicleta.

El SPF para accidentes vehículo-bicicleta se calcula con la ecuación 20 de la siguiente manera:

$$N_{biker} = 0,627 \times 0,018$$

$$N_{biker} = 0,011 \text{ accidentes/año}$$

6.2.2.2.4. Paso 11. Aplicar el factor de calibración.

Calculo de la frecuencia de accidentalidad promedio pronosticado.

Se determina un factor de calibración (C_r) de 1,00.

$$N_{predicted\ rs} = C_r \times (N_{br} + N_{pedr} + N_{biker}) \quad (21)$$

$$N_{predicted\ rs} = 1,00(0,627 + 0,023 + 0,011)$$

$$N_{predicted\ rs} = 0,661 \text{ accidentes/año}$$

6.2.2.2.5. Hoja de cálculo

Tabla 37. Factores de modificación de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
CMF para estacionamiento en la calle	CMF para objetos fijos en la vía	CMF para ancho de mediana	CMF para iluminación	CMF para Control de velocidad automática	CMF reductor de velocidad (estoperoles)	Conjunto de CMF
CMF _{1r}	CMF _{2r}	CMF _{3r}	CMF _{4r}	CMF _{5r}	CMF	CMF _{comb}
de la ecuación 12-32 (HSM)	de la ecuación 12-33 (HSM)	de la ecuación 12-22 (HSM)	de la ecuación 12-34 (HSM)	de la sección 12.7.1 (HSM)	del capítulo D del HSM	(1)*(2)*(3)*(4)*(5)*(6)
1,00	1,16	1,00	0,93	1,00	0,60	0,65

Tabla 38. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brmv}	Proporción de accidentes totales	Ajustado N _{brmv}	Conjunto CMFs	Factor de calibración	Pronosticado N _{brmv}
	de la tabla 12-3 (HSM)		de la tabla 12-3 (HSM)	de la ecuación 12-10 (HSM)		(4) _{Total} *(5)	(6) de la tabla 37	C _r	(6)*(7)*(8)
	a	b							
Total	-15,22	1,68	0,84	0,578	1,000	0,578	0,65	1,00	0,374
Fatal y lesión (FI)	-16,22	1,66	0,65	0,175	$\frac{(4)_{FI}}{(4)_{FI}+(4)_{PDO}}$ 0,290	0,168	0,65	1,00	0,109
Solo daños materiales (PDO)	-15,62	1,69	0,87	0,428	$(5)_{Total}-(5)_{FI}$ 0,710	0,410	0,65	1,00	0,266

Tabla 39. Accidentes de vehículos de múltiples vehículos sin accesos por tipo de accidente para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accidente	Proporción de tipo de accidentalidad _(FI)	Pronosticado $N_{brmv(FI)}$ (accidentes/año)	Proporción del tipo de colisión _(PDO)	Pronosticado N_{brmv} _(PDO) (accidentes/año)	Pronosticado N_{brmv} (total) (accidentes/año)
	de la tabla 12-4 (HSM)	(9) _{FI} de la tabla 38	de la tabla 12-4 (HSM)	(9) _{PDO} de la tabla 38	(9) _{Total} de la tabla 38
Total	1.000	0,109 (2)*(3) _{FI}	1.000	0,266 (4)*(5) _{PDO}	0,352 (3)+(5)
Colisión trasera	0,73	0,079	0,778	0,207	0,286
Colisión delantera	0,068	0,007	0,004	0,001	0,008
Colisión angular	0,085	0,009	0,079	0,021	0,030
Colisión lateral o de raspado, misma dirección	0,015	0,002	0,031	0,008	0,010
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta	0	0	0	0	0
Otras colisiones múltiple-vehículos	0,029	0,003	0,053	0,014	0,017

Tabla 40. Accidentes de un solo vehículo por nivel de gravedad para para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nivel de gravedad del accidente	Coeficientes de SPF		Parámetro de sobre dispersión, k	Preliminar N _{brsv}	Proporción total de accidentes	Ajustado N _{brsv}	Conjunto de CMFs	Factor de Calibración	Pronosticado N _{brsv}
	de la tabla 12-5 (HSM)		de la tabla 12-5 (HSM)	de la ecuación 12-13 (HSM)		(4) _{total} *(5)	(6) de la tabla 37	Cr	(6)*(7)*(8)
	a	b							
Total	-5,47	0,56	0,81	0,170	1	0,170	0,65	1,00	0,110
Fatal y lesiones (FI)	-3,96	0,23	0,5	0,030	(4) _{FI} /((4) _{FI} +(4) _{PDO})	0,032	0,65	1,00	0,021
					0,187				
Solo daños materiales (PDO)	-6,51	0,64	0,87	0,132	(5) _{Total} -(5) _{FI}	0,138	0,65	1,00	0,089
					0,813				

Tabla 41. Accidentes de un solo vehículo por tipo de colisión para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de Colisión	Proporción del Tipo de Colisión _(FI)	Pronostico $N_{brsv(FI)}$ (accidentes/años)	Proporción del tipo de colisión	Pronostico $N_{brsv(PDO)}$ (accidentes/años)	Pronostico $N_{brsv(Total)}$ (accidentes/años)
	de la tabla 12-6	(9) de la tabla 40	de la tabla 12-6	(9) _{PDO} de la tabla 40	(9) _{Total} de la tabla 40
Total	1	0,021 $(2)*(3)_{FI}$	1	0,089 $(4)*(5)_{PDO}$	0,110 $(3)+(5)$
Colisión con animal	0,026	0,001	0,066	0,006	0,006
Colisión con objetos fijos	0,723	0,015	0,759	0,068	0,083
Colisión con otros objetos	0,01	0,000	0,013	0,001	0,001
Otras colisiones un solo vehículo	0,241	0,005	0,162	0,014	0,019

Tabla 42. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por tipo de accesos para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tipo de accesos	Número de accesos, n_j	Accidentes por accesos por año, N_j	Coeficiente de trafico ajustado, t	Inicial N_{brdwy}	Parámetro de sobre dispersión, k
		de la tabla 12-7 (HSM)	de la tabla 12-7 (HSM)	Ecuación $n_j * N_j * (TPDA/15,000)t$	de la tabla 12-7 (HSM)
Comercial principal	0	0,158	1	0,000	-
Comercial secundario	1	0,05	1	0,060	
Industrial/institucional principal	0	0,172	1	0,000	
Industrial/institucional secundario	0	0,023	1	0,000	
Residencial principal	1	0,083	1	0,100	
Residencial secundario	5	0,016	1	0,096	
Otros	0	0,025	1	0,000	
Total	-	-	-	0,256	0,81

Tabla 43. Accidentes de múltiples vehículos relacionada con los accesos por nivel de gravedad para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4	5	6	7
Nivel de gravedad del accidente	Inicial N_{brdwy}	Proporción del total de accidentes (f_{dwy})	Ajustado N_{brdwy}	Conjunto CMFs	Factor de Calibracion, C_r	Pronosticado N_{brdwy}
	(5) _{Total} de la tabla 42	de la tabla 12-7 (HSM)	(2) _{Total} *(3)	(6) de la tabla 37		(4)*(5)*(6)
Total	0,256	1,00	0,256	0,65	1	0,165
Fatal y lesiones (FI)	-	0,323	0,083	0,65	1	0,053
Solo daños materiales (PDO)	-	0,68	0,173	0,65	1	0,112

Tabla 44. Accidentes entre vehículo-peatón para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{pedr}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{pedr}
	(9) de la tabla 38	(9) de la tabla 40	(7) de la tabla 43	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-8 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	0,352	0,110	0,165	0,627	0,036	1	0,023
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	0,023

Tabla 45. Accidentes entre vehículo-bicicleta para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de gravedad del accidente	Pronosticado N_{brmv}	Pronosticado N_{brsv}	Pronosticado N_{brdwy}	Pronosticado N_{br}	f_{biker}	Factor de Calibración, Cr	Pronosticado N_{biker}
	(9) de la tabla 38	(9) de la tabla 40	(7) de la tabla 43	(2)+(3)+(4)	de la tabla 12-9 (HSM)		(5)*(6)*(7)
Total	0,352	0,110	0,165	0,627	0,018	1	0,011
Fatal y lesiones (FI)	-	-	-	-	-	1	0,011

Tabla 46. Distribución de gravedad de accidentes para arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

(1)	(2)	(3)	(4)
Tipo de Accidente	Fatal y lesiones (FI)	Solo daños materiales (PDO)	Total
	(3) de la tabla 39 y 41; (7) de la tabla 43; y (8) de la tabla 44 y 45	(5) de la tabla 39 y 41; y (7) de la tabla 43	(6) de la tabla 39 y 41; (7) de la tabla 43; y (8) de la tabla 44 y 45
Accidentes múltiples-vehículos			
Colisión trasera (de la tabla 39)	0,079	0,207	0,286
Colisión delantera (de la tabla 39)	0,007	0,001	0,008
Colisión angular (de la tabla 39)	0,009	0,021	0,030
Colisión lateral o de raspado, misma dirección (de la tabla 39)	0,002	0,008	0,010
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta (de la tabla 39)	0,000	0,000	0,000
Colisión por accesos (de la tabla 43)	0,053	0,112	0,165
Otras colisiones múltiples-vehículos (de la tabla 39)	0,003	0,014	0,017
Subtotal	0,154	0,363	0,517
Accidentes de un solo vehículo			
Colisión con un animal (de la tabla 41)	0,001	0,006	0,006
Colisión con un objeto fijo (de la tabla 41)	0,015	0,068	0,083
Colisión con otro objeto (de la tabla 41)	0,000	0,001	0,001
Otra colisión de un solo vehículo (de la tabla 41)	0,005	0,014	0,019
Colisión con peatón (de la tabla 44)	0,023	0,000	0,023
Colisión con bicicleta (de la tabla 45)	0,011	0,000	0,011
Subtotal	0,054	0,089	0,144
Total	0,209	0,452	0,661

Tabla 47. Resultados resumidos de la vía arteria urbana y suburbana en segmentos de la vía.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 46		(2)/(3)
Total	0,661	0,167	3,957
Fatal y lesiones (FI)	0,209	0,167	1,249
Solo daños materiales (PDO)	0,452	0,167	2,708

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.

7.1.1. Escenario base.

7.1.1.1. Periodo actual año 2019.

Tabla 48. Resultados para un escenario base en el 2019.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{\text{predicted rs}}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 12		(2)/(3)
Total	3,086	0,300	10,286
Fatal y lesiones (FI)	0,970	0,300	3,234
Solo daños materiales (PDO)	2,115	0,300	7,052

7.1.1.2. Proyección a cinco años (2023).

Tabla 49. Resultados para un escenario base en el 2023.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{\text{predicted rs}}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
			(2)/(3)
Total	3,583	0,300	11,944
Fatal y lesiones (FI)	1,123	0,300	3,745
Solo daños materiales (PDO)	2,460	0,300	8,199

7.1.1.3. Proyección a diez años (2028).

Tabla 50. Resultados para un escenario base en el 2028.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
			(2)/(3)
Total	4,327	0,300	14,422
Fatal y lesiones (FI)	1,351	0,300	4,503
Solo daños materiales (PDO)	2,976	0,300	9,919

La implementación de los pasos del método predictivo se hizo para los 3 años estudiados por igual, a diferencia que en cada caso se halló un TPDA proyectado para cada uno, los cuales son 39625, 44598 y 51702 veh/día para los años 2019, 2023 y 2028 respetivamente.

7.1.2. Escenario futuro.

7.1.2.1. Periodo actual año 2019.

Tabla 51. Resultados para un escenario futuro en el 2019.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 23		(2)/(3)
Total	3,054	0,300	10,181
Fatal y lesiones (FI)	0,960	0,300	3,201
Solo daños materiales (PDO)	2,094	0,300	6,980

7.1.2.2. Proyección a cinco años (2023)

Tabla 52. Resultados para un escenario futuro en el 2023.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, Npredicted rs (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
			(2)/(3)
Total	3,548	0,300	11,826
Fatal y lesiones (FI)	1,112	0,300	3,708
Solo daños materiales (PDO)	2,435	0,300	8,118

7.1.2.3. Proyección a diez años (2028)

Tabla 53. Resultados para un escenario futuro en el 2028.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, Npredicted rs (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
Total	4,284	0,300	14,280
Fatal y lesiones (FI)	1,338	0,300	4,458
Solo daños materiales (PDO)	2,946	0,300	9,821

La implementación de los pasos del método predictivo se hizo para los 3 años estudiados por igual, a diferencia que en cada caso se halló un TPDA proyectado para cada uno, los cuales son 39625, 44598 y 51702 veh/día para los años 2019, 2023 y 2028 respectivamente.

7.2. Carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.

7.2.1. Escenario base

7.2.1.1. Periodo actual año 2019.

Tabla 54. Resultados para un escenario base en el 2019.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 35		(2)/(3)
Total	1,101	0,167	6,596
Fatal y lesiones (FI)	0,348	0,167	2,082
Solo daños materiales (PDO)	0,754	0,167	4,514

7.2.1.2. Proyección a cinco años (2023)

Tabla 55. Resultados para un escenario base en el 2023.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
			(2)/(3)
Total	1,287	0,167	7,706
Fatal y lesiones (FI)	0,406	0,167	2,429
Solo daños materiales (PDO)	0,881	0,167	5,277

7.2.1.3. Proyección a diez años (2028)

Tabla 56. Resultados para un escenario base en el 2028.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
			(2)/(3)
Total	1,569	0,167	9,396
Fatal y lesiones (FI)	0,494	0,167	2,958
Solo daños materiales (PDO)	1,075	0,167	6,439

La implementación de los pasos del método predictivo se hizo para los 3 años estudiados por igual, a diferencia que en cada caso se halló un TPDA proyectado para cada uno, los cuales son 18013, 20273 y 23502 veh/día para los años 2019, 2023 y 2028 respetivamente.

7.2.2. Escenario futuro.

7.2.2.1. Periodo actual año 2019.

Tabla 57. Resultados para un escenario futuro en el 2019.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, $N_{predicted\ rs}$ (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(Total) de la tabla 46		(2)/(3)
Total	0,661	0,167	3,957
Fatal y lesiones (FI)	0,209	0,167	1,249
Solo daños materiales (PDO)	0,452	0,167	2,708

7.2.2.2. Proyección a cinco años (2023).

Tabla 58. Resultados para un escenario futuro en el 2023.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, Npredictedrs (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
			(2)/(3)
Total	0,772	0,167	4,624
Fatal y lesiones (FI)	0,243	0,167	1,457
Solo daños materiales (PDO)	0,529	0,167	3,166

7.2.2.3. Proyección a diez años (2028).

Tabla 59. Resultados para un escenario futuro en el 2028.

1	2	3	4
Nivel de gravedad del accidente	Frecuencia pronosticada de accidentes promedio, Npredictedrs (accidentes/año)	Longitud del segmento de la vía, L (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
			(2)/(3)
Total	0,942	0,167	5,638
Fatal y lesiones (FI)	0,296	0,167	1,775
Solo daños materiales (PDO)	0,645	0,167	3,863

La implementación de los pasos del método predictivo se hizo para los 3 años estudiados por igual, a diferencia que en cada caso se halló un TPDA proyectado para cada uno, los cuales son 18013, 20273 y 23502 veh/día para los años 2019, 2023 y 2028 respetivamente.

7.3. Propuestas sobre cultura ciudadana.

Según el análisis hecho en el tramo de Provenza se estableció que es una vía con un volumen considerable de automóviles y peatones la cual posee una correcta señalización, que incluye señales verticales y horizontales cada una con la función preventiva adecuada para hacer de esta vía lo más segura posible, teniendo en cuenta que las cifras de accidentalidad de este tramo eran muy elevadas se estipula que las

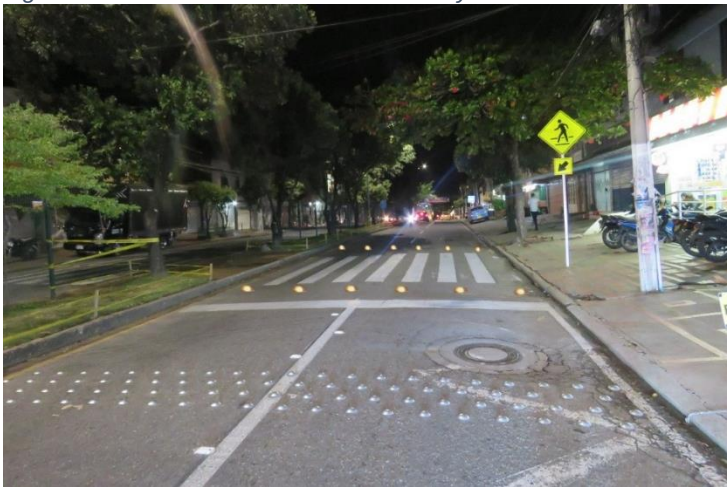
falencias que se presentaban en esta vía radicaban en la falta de cultura vial que poseen los usuarios de ella, el no tener conciencia frente a los malos actos hace que no se le atribuya la importancia que amerita a la seguridad vial ya sea por parte del peatón o el conductor. Se logró observar que las cebras para el cruce de los peatones no eran respetadas, además las cebras dispuestas entre las intersecciones algunos conductores no cedían el paso a los peatones o era ignorada totalmente lo que conllevaba aumentar notoriamente la siniestralidad vial, por este motivo se decidió que la mejor manera para corregir esta falla era instalando unas tachas viales solares de cuerpo en aluminio, en color blanco y una cara de leds fijos. Se cargan con el sol y se encienden automáticamente durante la noche. Se ubicarán dos líneas de 6 tachas al largo de la cebra una adelante y otra atrás de la cebra lo que hará que los conductores se percaten que hay una cebra de paso. Por otro lado, muchos de los infractores son peatones que evitan notablemente ir hasta la cebra o usar el puente peatonal ubicado al frente del establecimiento educativo, prefieren infringir la norma y cruzar la calle rodeando la glorieta, puesto que este es el único paso que hay teniendo en cuenta que por toda la mediana hay una malla para evitar el paso de estos, esto lo realizan para ir por el camino más fácil, sin embargo no son conscientes de las consecuencias que traen estas decisiones, para solucionar estas prácticas indebidas se propone colocar un sensor en la glorieta donde cada vez que un transeúnte intente cruzar por este sector se emita un sonido que simule un carro frenando, lo que va hacer que el peatón reaccione frente a este y ahí sea el momento perfecto para tomar una fotografía que inmediatamente será proyectada en una valla publicitaria que se colocara en el andén con un mensaje “cuida tu vida” el peatón podrá observar así cuál sería la expresión de su rostro si hubiera sido atropellado [21], se espera que la reacción de los peatones frente a esta situación sea positiva y halla un cambio de hábitos.

Del segundo tramo de estudio ubicado en San Alonso se pudo analizar que es una vía tranquila con un flujo normal de vehículos y peatones, es un sector residencial que se encuentra rodeado de varios establecimientos educativos lo que llevo a la Agencia Nacional de Seguridad Vial hacer una demarcación e instalación de señales de tránsito con el fin de prevenir que los estudiantes fuesen expuestos a riesgos viales, pero esta no fue una medida que acaten los conductores los usuarios que la cultura vial está siendo

nula, que es necesario conductores llenos de conciencia vial y no infringiendo las normas, conduciendo a altos niveles de velocidad y omitiendo las señales de PARE, motivo por el cual siguen en aumento las tasas de siniestralidad en este sector. Para mejorar esta problemática se plantea colocar una valla publicitaria en el punto donde la calle se une con la carrera, serán instaladas de poste a poste su diseño constara de colores e imágenes llamativos y su lema insignia será PARE por devoción y no por obligación.

En la siguiente imagen se puede observar la primera propuesta, tachas solares sobre la cebra en la calle 105 del barrio Provenza

Figura 28. Fila de tachas solares adelante y atrás de la cebra



Fuente: propia.

A continuación, se ilustra la segunda propuesta de la calle 105 del barrio Provenza una valla publicitaria que se colocara en el andén con un mensaje.

Figura 29. Valla publicitaria sobre el andén



Fuente: propia.

Finalmente se grafica la propuesta hecha para el barrio San Alonso donde la valla publicitaria será instalada de poste a poste dando una señal de alerta

Figura 30. Valla publicitaria de poste a poste



Fuente: propia.

8. CONCLUSIONES

En el presente proyecto se logró los objetivos planteados por medio del uso de la metodología de *Highway Safety Manual* para evaluar los cambios realizados en los tramos de Provenza y San Alonso y determinar su efectividad, para esto fue necesario utilizar los CMF para adaptar las condiciones base, por medio del HSM se consiguió indagar el efecto que produce implementar las rejillas en la mediana para restringir el paso de los peatones en el barrio de Provenza y los reductores de velocidad en el barrio San Alonso. Se determinó que los efectos muestran una disminución de accidentalidad de un 1,04% y 39,96% respectivamente, con esto se alcanza a demostrar la efectividad que tuvieron estas modificaciones sobre el tramo, es necesario destacar que el modelo estadístico es realizado con datos de Estados Unidos, es por este motivo que en la implementación de la rejilla según los resultados no tienen un gran impacto, debido a que en ese país las personas tienden a tener ciertas costumbres las cuales son respetar y usar la cebra, por ello el restringir el paso de los peatones en la mediana no demuestra el efecto que según Dirección de Tránsito de Bucaramanga ha tenido, ya que para ellos fue una medida exitosa en la reducción de accidentalidad del tramo.

Asimismo, se puede concluir que en la metodología del *Highway Safety Manual* los elementos como el SPF, CMF y el factor de calibración, el elemento que sale a relucir es el CMF, ya que por medio de este se demuestran los cambios de diseño geométrico, por lo cual es un elemento determinante en los resultados.

Después de la implementación del manual se pudo hacer una comparación del antes y el después de la vía donde indudablemente se destaca en los resultados la mejora y se observa que en una vía no es suficiente un buen diseño geométrico o señalización adecuada si los usuarios no respetan la normativa o no son conscientes del peligro que implica no cumplir con la normativa, por lo tanto el problema de la seguridad vial también está influenciada por la cultura vial, debido a los comportamientos de las personas en las vías y en los espacios de movilidad cada vez son más nefastos, el

comportamiento influye en el nivel de riesgo que habrá en la interacción con los otros, puesto que la falta de conciencia vial hace que se actúe de forma egoísta, concluyendo que es necesario modificar la forma de actuar de los usuarios para prevenir los accidentes en las vías.

En el proceso de investigación de los tramos de estudio se indago que la Agencia Nacional de Seguridad Vial había intervenido en el sitio con la implementación de señalización, estas modificaciones las realizaron debido a que en los alrededores hay presencia de establecimientos educativos en sus alrededores, lo cual aumenta su importancia por el aumento notorio en el volumen de peatones y siendo estos los usuarios más vulnerables en la vía, pero con mayores elementos o señales de precaución todo con el fin de preservar sus vidas.

9. RECOMENDACIONES

Es importante resaltar la funcionalidad que presenta el *Highway Safety Manual* frente a la toma de decisiones para los ingenieros puesto que reúne conocimientos y métodos analíticos para determinar, calcular y valorar las vías por medio de la frecuencia de choques y de severidad, ya sea en las fases de planeación, diseño, construcción, funcionamiento o mantenimiento, sin duda alguna reduce tiempo y acorta caminos para el análisis y la determinación de los motivos que están relacionadas a los aumentos en la siniestralidad vial, sin embargo es necesario mencionar que es un manual elaborado con datos estadísticos con condiciones base de Estados Unidos, a pesar de que el factor de calibración es un elemento que el manual usa para ajustar el SPF a las condiciones locales ya sea por su clima, las costumbres de los conductores y la geografía, por medio de este factor se pueda adaptar a cualquier región del mundo, es recomendable que se hagan estudios más profundos en cada región donde no solo se tengan en cuenta los factores bases si no detalles característicos y únicos de cada lugar, dado que este tendría un mayor impacto siendo personalizado, ya que, fue hecho para ajustar el manual a cada zona. Se esperaría que al momento de implementar el manual con el factor de calibración debidamente ajustado se tendrá certeros resultados.

Además del ajuste que se realiza por medio del factor de calibración, se recomienda ejecutar investigaciones para adaptar los factores de modificación de accidentalidad a la infraestructura de cada lugar y el comportamiento de los usuarios, teniendo en cuenta que este tiene como función hacer la estimación del impacto del diseño geométrico en una condición específica en comparación con la condición original, hay que tener en cuenta que la conducta de las personas influyen en el modelos estadísticos, dado que en las investigaciones base de Estados Unidos las personas tienden a tener ciertas costumbres, un ejemplo de ello, es la prudencia que tienen al cruzar una calle por la cebr, mientras que aquí en Colombia esta costumbre de cruzar una calle únicamente por la cebr no todos los peatones lo implementan, lo que lleva a eludir la mediana si

esta tiene rejilla que evite el paso de peatones siendo este un gran motivo para tener en cuenta en el momento de implementar el manual en lugares donde la cultura vial es poca.

Por otro lado, con el fin de informar, persuadir y motivar a la gente a cambiar sus actitudes y/o comportamientos para mejorar la seguridad vehicular sería una buena idea la implementación de campañas de seguridad vial desde edades tempranas, que sea un proceso permanente de aprendizaje, instrucción y promoción que incluya estrategias de prevención, normas legales y políticas de precaución. Donde cada una de ellas tenga un gran impacto en la sociedad, se concientice que la cultura vial va de la mano con la educación y el desarrollo que tengamos como personas.

10.REFERENCIAS.

- [1] ONU, « Organización de las Naciones Unidas,» octubre 2005. [En línea]. Available: <http://www.un.org/es/>.
- [2] Ministerio de Transporte, Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021, 2015.
- [3] Observatorio Nacional de Seguridad Vial, «Agencia Nacional de Seguridad Vial,» 2018. [En línea]. Available: <https://ansv.gov.co/observatorio/?op=Contenidos&sec=59>.
- [4] Dirección de Tránsito de Bucaramanga, «Dirección de Tránsito de Bucaramanga,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.transitobucaramanga.gov.co/accidentalidad.php>.
- [5] H. O. Fernández Ordóñez, «La complejidad del problema de la inseguridad vial: cómo explicarlo y cómo enfrentarlo,» *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, vol. 13, nº 1, p. 105–118, 2013.
- [6] L. A. Pérez Eugenio y Á. P. Esteban Mendoza, Obtención de factores de accidentalidad empleando el Highway Safety Manual para el mejoramiento de la seguridad vial en las intersecciones adyacentes a la carrera 21 con calle 11 en Bucaramanga, Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, 2013.
- [7] J. Park y M. Abdel-Aty, «Safety Performance of Combinations of Traffic and Roadway Cross-Sectional Design Elements at Straight and Curved Segments,» *Journal of Transportation. Part A: Systems*, vol. 143, nº 6, pp. 1-9, 2017.
- [8] J. Zhao, C. Polk, J. Ritter y K. K. Silverman, «Safety Performance of Shoulder Rumble Stripes on Rural Roadways,» *ITE Journal*, vol. 87, nº 3, pp. 44-48, 2017.

- [9] J. Ma, M. D. Fontaine, F. Zhou, J. Hu, D. K. Hale y M. O. Clements, «Estimation of crash modification factors for an adaptive traffic-signal control system,» *Journal of Transportation Engineering*, vol. 142, nº 12, pp. 1-10, 2016.
- [10] Z. Yang, Y. Zhang y O. Grembek, «Combining traffic efficiency and traffic safety in countermeasure selection to improve pedestrian safety at two-way stop controlled intersections,» *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, vol. 91, nº 16, pp. 286-301, 2016.
- [11] AASHTO , Highway Safety Manual (1st Edition) with Supplement 2014, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2014.
- [12] R. Tolley, Sustainable Transport - Planning for Walking and Cycling in Urban Environments - 26.2 The Traditional Approach to Road Safety, Inglaterra: Woodhead Publishing, 2003.
- [13] World Health Organization, «World Health Organization,» 2018. [En línea]. Available:
https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/.
 [Último acceso: junio 2019].
- [14] V. Manso Pérez y M. Castaño Pardo, Educación y seguridad vial. La aportación de los agentes sociales en la movilidad segura., España: ETRASA - Editorial Tráfico Vial, 2008.
- [15] AASHTO, Highway Safety Manual (1st Edition) with Supplement 2014. Chapter 1. Introduction and Overview, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2014.
- [16] D. Saha, P. Alluri y A. Gan, «A random forests approach to prioritize Highway Safety Manual (HSM) variables for data collection.,» *Journal of Advanced Transportation*, vol. 50, nº 4, pp. 522-540, 2016.

- [17] A. Farid, M. Abdel-Aty y J. Lee, «Comparative analysis of multiple techniques for developing and transferring safety performance functions,» *Accident Analysis & Prevention*, vol. 122, nº 14, pp. 85-98, 2019.
- [18] D. Shinar, *Traffic Safety and Human Behavior* (2nd Edition) - 19.4.1 Crash Modification Factors, Reino Unido: Emerald Publishing Limited, 2017.
- [19] Centros de Documentación e Información Municipal (CDIM), «Sistema de documentación e información municipal,» 2000. [En línea]. Available: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot-bucaramanga-santader-acuerdono.034de2000-parteuno.pdf>. [Último acceso: 2019].
- [20] E. Kilô Ardila, «Vanguardia,» 16 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/transito-sigue-instalando-reductores-de-velocidad-en-calles-de-bucaramanga-hk509119>. [Último acceso: 2019].
- [21] TBTC , «TBTC,» 2017. [En línea]. Available: <http://tbtc.fr/securite-routiere-risque-mort-face/#sthash.YJS7Y8Du.7NjxLTgd.dpbs>. [Último acceso: 2019].
- [22] J. P. Hall, «Successful Practices in GIS-Based Asset Management (NCHRP Report 800) - A.4.1 Key Benefits of GIS for an Agency,» Transportation Research Board, Washington D.C., 2015.
- [23] A. Dourthé Castrillón y J. Salamanca Candia, *Guía para realizar una auditoría de seguridad vial*, Chile: CONASET, 2003.
- [24] K. Xie, D. Yang, K. Ozbay y H. Yang, «Use of real-world connected vehicle data in identifying high-risk locations based on a new surrogate safety measure,» *Accident Analysis & Prevention*, vol. 125, nº 9, pp. 311-319, 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Aforos calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.

Tabla 60. Aforo del punto A1 en el barrio de Provenza para el movimiento este-oeste.

			Aforo Punto A1					
			Periodo	Peatones	Autos	Bicicletas	Motocicletas	Buses
Movimiento	Este-Oeste Cra. 23-CAI	Miércoles Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	56	256	14	293	3
			6:15-6:30	64	339	18	340	11
			6:30-6:45	57	264	9	307	10
			6:45-7:00	34	184	5	177	7
			7:00-7:15	58	299	14	268	10
			7:15-7:30	60	276	9	314	13
		Jueves Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	54	255	9	280	13
			6:15-6:30	63	320	19	265	12
			6:30-6:45	54	246	12	256	12
			6:45-7:00	10	240	5	268	11
			7:00-7:15	33	196	2	236	11
			7:15-7:30	62	274	13	238	10
		Jueves Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	65	239	12	294	9
			17:45-18:00	112	317	13	362	11
			18:00-18:15	48	275	7	408	8
			18:15-18:30	136	209	12	332	7
			18:30-18:45	98	333	15	465	12
			18:45-19:00	13	99	9	132	3
		Viernes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	53	171	14	292	15
			6:15-6:30	45	241	8	269	12
			6:30-6:45	47	258	13	307	12
			6:45-7:00	60	269	4	263	10
			7:00-7:15	62	247	6	291	11
			7:15-7:30	55	204	10	216	10
		Viernes Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	87	249	13	302	10
			17:45-18:00	99	267	16	296	11
			18:00-18:15	149	229	16	338	11
			18:15-18:30	144	255	8	366	14
			18:30-18:45	68	137	16	279	7
			18:45-19:00	54	222	7	231	8
		Sábado Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	21	150	13	167	13
			6:15-6:30	15	168	19	192	32
			6:30-6:45	24	165	19	202	9
			6:45-7:00	20	134	8	187	8
			7:00-7:15	25	140	6	180	11
			7:15-7:30	23	135	9	182	9
		Sábado Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	52	239	5	308	7
			17:45-18:00	78	278	10	299	11
			18:00-18:15	55	248	9	285	5
			18:15-18:30	64	254	16	287	10
			18:30-18:45	44	201	6	220	9
			18:45-19:00	59	264	4	278	6

Tabla 61. Aforo en el punto A1 en el barrio Provenza para el movimiento oeste-este.

			Aforo punto A1					
			Periodo	Peatones	Autos	Bicicletas	Motocicletas	Buses
Movimiento	Oeste- Este CAI- Cra.23	Miércoles Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	167	278	17	302	4
			6:15-6:30	108	335	26	345	16
			6:30-6:45	116	328	36	489	9
			6:45-7:00	122	277	14	373	11
			7:00-7:15	57	310	15	346	13
			7:15-7:30	31	231	11	173	6
		Jueves Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	310	291	18	323	13
			6:15-6:30	159	297	29	371	13
			6:30-6:45	160	296	30	439	13
			6:45-7:00	196	267	13	368	11
			7:00-7:15	72	266	14	282	7
			7:15-7:30	92	241	19	368	13
		Jueves Noche. Horario 17:30- 19:00	17:30-17:45	118	300	18	342	10
			17:45-18:00	173	337	19	347	6
			18:00-18:15	232	383	24	387	14
			18:15-18:30	166	336	13	294	10
			18:30-18:45	253	393	19	513	11
			18:45-19:00	65	350	24	390	9
		Viernes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	175	194	14	299	16
			6:15-6:30	163	257	21	335	15
			6:30-6:45	243	291	26	385	12
			6:45-7:00	248	239	24	379	9
			7:00-7:15	83	272	18	322	12
			7:15-7:30	92	209	14	265	8
		Viernes Noche. Horario 17:30- 19:00	17:30-17:45	127	297	20	365	13
			17:45-18:00	142	360	11	379	8
			18:00-18:15	226	314	19	358	15
			18:15-18:30	154	309	7	429	12
			18:30-18:45	122	286	15	313	6
			18:45-19:00	70	317	6	314	8
		Sábado Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	43	92	18	197	12
			6:15-6:30	60	189	16	262	14
			6:30-6:45	38	203	22	344	15
			6:45-7:00	55	144	8	156	4
			7:00-7:15	60	210	15	163	10
			7:15-7:30	59	151	18	116	9
		Sábado Noche. Horario 17:30- 19:00	17:30-17:45	91	234	16	304	9
			17:45-18:00	153	314	10	311	4
			18:00-18:15	122	203	7	357	13
			18:15-18:30	97	273	4	272	6
			18:30-18:45	39	164	3	202	7
			18:45-19:00	60	288	3	301	9

Tabla 62. Aforo en el punto A2 en el barrio de Provenza para el movimiento este-oeste.

			Aforo punto A2					
			Periodo	Peatones	Autos	Bicicletas	Motocicletas	Buses
Movimiento	Este-Oeste Cra. 23-CAI	Miércoles Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	32	136	3	148	10
			6:15-6:30	23	187	12	187	10
			6:30-6:45	30	192	13	223	10
			6:45-7:00	34	138	7	205	11
			7:00-7:15	41	153	7	202	11
			7:15-7:30	26	135	5	140	10
		Miércoles Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	84	171	15	196	9
			17:45-18:00	54	97	6	147	7
			18:00-18:15	116	177	6	214	15
			18:15-18:30	84	167	10	247	11
			18:30-18:45	92	228	15	263	7
			18:45-19:00	63	146	5	206	8
		Jueves Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	27	146	6	162	9
			6:15-6:30	22	175	13	162	13
			6:30-6:45	31	173	12	187	9
			6:45-7:00	30	164	6	180	12
			7:00-7:15	25	152	6	200	12
			7:15-7:30	48	144	4	145	11
		Jueves Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	72	159	11	183	8
			17:45-18:00	104	171	10	219	9
			18:00-18:15	92	168	6	233	9
			18:15-18:30	85	159	5	196	10
			18:30-18:45	82	155	3	230	8
			18:45-19:00	82	130	5	205	8
		Viernes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	28	120	6	165	12
			6:15-6:30	18	146	7	173	11
			6:30-6:45	24	149	13	206	10
			6:45-7:00	24	197	7	206	11
			7:00-7:15	27	155	6	215	6
			7:15-7:30	38	149	4	176	10
		Viernes Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	85	159	10	189	11
			17:45-18:00	91	160	17	173	11
			18:00-18:15	81	146	10	192	10
			18:15-18:30	96	154	3	176	11
			18:30-18:45	79	175	8	222	6
			18:45-19:00	78	160	7	201	10
		Sábado Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	14	123	11	106	9
			6:15-6:30	11	82	6	117	9
			6:30-6:45	8	122	12	182	8
			6:45-7:00	20	121	9	192	11
			7:00-7:15	23	118	13	210	9
			7:15-7:30	18	110	12	110	12
		Sábado Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	91	169	3	176	7
			17:45-18:00	59	145	3	124	7
			18:00-18:15	57	179	6	198	4
			18:15-18:30	77	169	9	137	11
			18:30-18:45	60	198	4	146	10
			18:45-19:00	31	123	0	135	5

Tabla 63. Aforo en el punto A2 en el barrio de Provenza para el movimiento oeste-este.

			Aforo punto A2					
			Periodo	Peatones	Autos	Bicicletas	Motocicletas	Buses
Movimiento	Oeste- Este CAI- Cra.23	Miércoles Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	35	299	16	339	14
			6:15-6:30	48	236	25	264	11
			6:30-6:45	46	287	29	436	19
			6:45-7:00	54	294	14	414	16
			7:00-7:15	45	305	15	420	16
			7:15-7:30	41	250	11	351	11
		Miércoles Noche. Horario 17:30- 19:00	17:30-17:45	201	276	18	359	13
			17:45-18:00	94	175	6	266	7
			18:00-18:15	137	328	11	375	11
			18:15-18:30	106	337	7	337	14
			18:30-18:45	63	319	7	366	10
			18:45-19:00	71	379	9	274	12
		Jueves Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	70	319	17	30	21
			6:15-6:30	68	351	28	348	15
			6:30-6:45	76	303	30	542	14
			6:45-7:00	30	309	8	425	12
			7:00-7:15	62	308	17	408	7
			7:15-7:30	26	321	18	356	16
		Jueves Noche. Horario 17:30- 19:00	17:30-17:45	135	307	8	388	10
			17:45-18:00	143	295	8	365	13
			18:00-18:15	125	237	16	404	10
			18:15-18:30	143	269	11	404	12
			18:30-18:45	67	286	6	462	9
			18:45-19:00	16	130	5	404	8
		Viernes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	34	233	26	337	19
			6:15-6:30	42	284	23	438	15
			6:30-6:45	30	256	27	387	15
			6:45-7:00	37	305	16	524	17
			7:00-7:15	41	286	19	437	12
			7:15-7:30	20	179	19	413	14
		Viernes Noche. Horario 17:30- 19:00	17:30-17:45	96	344	10	419	9
			17:45-18:00	110	266	2	380	15
			18:00-18:15	128	268	6	404	9
			18:15-18:30	63	189	5	469	10
			18:30-18:45	89	266	4	389	9
			18:45-19:00	81	250	4	356	10
		Sábado Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	20	121	18	150	8
			6:15-6:30	29	139	20	226	12
			6:30-6:45	25	269	32	374	14
			6:45-7:00	29	241	18	243	11
			7:00-7:15	18	235	17	219	12
			7:15-7:30	25	196	22	189	9
		Sábado Noche. Horario 17:30- 19:00	17:30-17:45	123	277	10	329	7
			17:45-18:00	40	245	5	253	6
			18:00-18:15	128	255	6	270	12
			18:15-18:30	90	306	3	364	11
			18:30-18:45	25	170	5	291	7
			18:45-19:00	48	136	1	316	12

Anexo 2. Total de vehículos por movimiento de la calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.

Tabla 64. Total de vehiculos por movimiento para el aforo A1 en el barrio Provenza.

Aforo Punto A1				
Total de vehículos por movimiento				
Este-Oeste Cra. 23-CAI		Oeste-Este CAI-Cra.23		
	Día	Noche	Día	Noche
Miércoles	566	0	601	0
	708	0	722	0
	590	0	862	0
	373	0	675	0
	591	0	684	0
	612	0	421	0
Jueves	557	554	645	670
	616	703	710	709
	526	698	778	808
	524	560	659	653
	445	825	569	936
	535	243	641	773
Viernes	492	574	523	695
	530	590	628	758
	590	594	714	706
	546	643	651	757
	555	439	624	620
	440	468	496	645
Sábado	343	559	319	563
	411	598	481	639
	395	547	584	580
	337	567	312	555
	337	436	398	376
	335	552	294	601

Tabla 65. Total de vehículos por movimiento para el aforo A2 en el barrio Provenza.

Aforo Punto A2				
Total de vehículos por movimiento				
Este-Oeste Cra. 23-CAI		Oeste-Este CAI-Cra.23		
Día	Noche	Día	Noche	
Miércoles	297	391	668	666
	396	257	536	454
	438	412	771	725
	361	435	738	695
	373	513	756	702
	290	365	623	674
Jueves	323	361	387	713
	363	409	742	681
	381	416	889	667
	362	370	754	696
	370	396	740	763
	304	348	711	547
Viernes	303	369	615	782
	337	361	760	663
	378	358	685	687
	421	344	862	673
	382	411	754	668
	339	378	625	620
Sábado	249	355	297	623
	214	279	397	509
	324	387	689	543
	333	326	513	684
	350	358	483	473
	244	263	416	465

Anexo 3. Volumen horario de máxima demanda (VHMD) de la calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.

Tabla 66. Volumen horario de máxima demanda para el aforo A1 en el barrio Provenza.

Aforo Punto A1				
Volumen horario de máxima demanda (VHMD)				
Este-Oeste Cra. 23-CAI		Oeste-Este CAI-Cra.23		
Día	Noche	Día	Noche	
Miércoles	2237	0	2860	0
	2262	0	2943	0
	2166	0	2642	0
Jueves	2223	2515	2792	2840
	2111	2786	2716	3106
	2030	2326	2647	3170
Viernes	2158	2401	2516	2916
	2221	2266	2617	2841
	2131	2144	2485	2728
Sábado	1486	2271	1696	2337
	1480	2148	1775	2150
	1404	2102	1588	2112

Tabla 67. Volumen horario de máxima demanda para el aforo A2 en el barrio Provenza.

Aforo Punto A2				
Volumen horario de máxima demanda (VHMD)				
Este-Oeste Cra. 23-CAI		Oeste-Este CAI-Cra.23		
	Día	Noche	Día	Noche
Miércoles	1492	1495	2713	2540
	1568	1617	2801	2576
	1462	1725	2888	2796
Jueves	1429	1556	2772	2757
	1476	1591	3125	2807
	1417	1530	3094	2673
Viernes	1439	1432	2922	2805
	1518	1474	3061	2691
	1520	1491	2926	2648
Sábado	1120	1347	1896	2359
	1221	1350	2082	2209
	1251	1334	2101	2165

Anexo 4. TPDA de la calle 105 desde la carrera 23 hasta el CAI INEM – Barrio Provenza.

Tabla 68.. TPDA del barrio Provenza.

Máximo VHMD	3170
k	0,08
TPDA (Veh/h) $VHP = k(TPDA)$	39625

Anexo 5. Aforos de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.

Tabla 69. Aforo del punto A1 en el barrio de San Alonso para el movimiento norte-sur.

			Aforo punto A1					
			Periodo	Peatones	Autos	Bicicletas	Motocicletas	Buses
Movimiento	Norte-Sur	Lunes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	26	81	2	59	18
			6:15-6:30	20	106	5	68	22
			6:30-6:45	21	123	1	123	27
			6:45-7:00	52	136	8	152	26
			7:00-7:15	40	136	5	137	25
			7:15-7:30	42	145	4	123	25
		Lunes Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	20	81	0	65	13
			17:45-18:00	68	145	7	112	23
			18:00-18:15	84	191	2	154	23
			18:15-18:30	104	192	2	177	16
			18:30-18:45	102	147	0	140	12
			18:45-19:00	112	200	7	159	19
		Martes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	26	74	4	63	24
			6:15-6:30	44	86	2	68	22
			6:30-6:45	51	128	11	93	31
			6:45-7:00	49	167	5	149	24
			7:00-7:15	44	154	12	161	26
			7:15-7:30	33	124	5	149	28
		Martes Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	78	173	3	134	20
			17:45-18:00	103	181	5	124	21
			18:00-18:15	129	170	1	161	23
			18:15-18:30	112	190	6	149	16
			18:30-18:45	80	186	3	94	16
			18:45-19:00	46	156	3	89	17
		Jueves Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	30	72	1	59	18
			6:15-6:30	19	91	3	63	22
			6:30-6:45	27	129	5	101	27
			6:45-7:00	45	140	7	138	25
			7:00-7:15	39	138	9	150	25
			7:15-7:30	15	110	2	133	27
		Jueves Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	43	95	0	101	16
			17:45-18:00	87	167	5	119	23
			18:00-18:15	110	184	2	160	21
			18:15-18:30	98	198	3	178	17
			18:30-18:45	90	174	2	126	15
			18:45-19:00	83	183	6	132	19

Tabla 70. Aforo del punto A2 en el barrio de San Alonso para el movimiento norte-sur.

			Aforo punto A2					
			Periodo	Peatones	Autos	Bicicletas	Motocicletas	Buses
Movimiento	Norte-Sur	Lunes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	22	68	0	58	19
			6:15-6:30	57	84	4	54	27
			6:30-6:45	40	97	3	92	24
			6:45-7:00	53	131	5	70	26
			7:00-7:15	44	107	3	92	26
			7:15-7:30	58	87	2	84	25
		Lunes Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	21	57	1	52	11
			17:45-18:00	83	123	8	106	21
			18:00-18:15	82	93	3	113	19
			18:15-18:30	85	105	4	98	12
			18:30-18:45	87	83	6	90	19
			18:45-19:00	91	93	1	107	17
		Martes Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	30	58	1	63	17
			6:15-6:30	39	59	0	51	23
			6:30-6:45	43	84	8	77	23
			6:45-7:00	57	88	4	102	27
			7:00-7:15	27	95	8	83	27
			7:15-7:30	50	81	7	113	28
		Martes Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	80	105	1	102	20
			17:45-18:00	86	129	5	104	21
			18:00-18:15	90	128	3	128	24
			18:15-18:30	83	78	2	89	14
			18:30-18:45	87	113	2	65	22
			18:45-19:00	53	97	2	62	22
		Jueves Mañana. Horario 6:00-7:30	6:00-6:15	17	71	0	60	18
			6:15-6:30	41	80	2	51	23
			6:30-6:45	39	93	4	83	21
			6:45-7:00	41	110	4	87	25
			7:00-7:15	38	99	5	80	24
			7:15-7:30	49	78	3	92	26
		Jueves Noche. Horario 17:30-19:00	17:30-17:45	30	92	1	79	15
			17:45-18:00	60	119	6	110	22
			18:00-18:15	52	110	4	120	19
			18:15-18:30	71	92	3	95	14
			18:30-18:45	68	113	4	85	20
			18:45-19:00	64	98	2	78	20

Anexo 6. Total de vehículos por movimiento de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.

Tabla 71. Total de vehiculos para el aforo del punto A1 en el barrio de San Alonso.

Aforo Punto A1		
Total de vehículos por movimiento		
Norte-Sur		
	Día	Noche
Lunes	160	159
	201	287
	274	370
	322	387
	303	299
	297	385
Martes	165	330
	178	331
	263	355
	345	361
	353	299
	306	265
Jueves	150	212
	179	314
	262	367
	310	396
	322	317
	272	340

Tabla 72. Total de vehiculos para el aforo del punto A2 en el barrio de San Alonso.

Aforo Punto A2		
Total de vehículos por movimiento		
Norte-Sur		
	Día	Noche
Lunes	145	121
	169	258
	216	228
	232	219
	228	198
	198	218
Martes	139	228
	133	259
	192	283
	221	183
	213	202
	229	183
Jueves	149	187
	156	257
	201	253
	226	204
	208	222
	199	198

Anexo 7. Volumen horario de máxima demanda (VHMD) de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.

Tabla 73. Volumen horario máxima demanda para el aforo del punto A1 en el barrio de San Alonso.

Aforo Punto A1		
Volumen horario de máxima demanda (VHMD)		
Norte-Sur		
	Día	Noche
Lunes	957	1203
	1100	1343
	1196	1441
Martes	951	1377
	1139	1346
	1267	1280
Jueves	901	1289
	1073	1394
	1166	1420

Tabla 74. Volumen horario máxima demanda para el aforo del punto A2 en el barrio de San Alonso.

Aforo Punto A2		
Volumen horario de máxima demanda (VHMD)		
Norte-Sur		
	Día	Noche
Lunes	762	826
	845	903
	874	863
Martes	685	953
	759	927
	855	851
Jueves	732	901
	791	936
	834	877

Anexo 8. TPDA de la carrera 30 entre calles 14 y 18 del Barrio San Alonso.

Tabla 75. TPDA del barrio de San Alonso.

Máximo VHMD	1441
k	0,08
TPDA (Veh/h) $VHP = k(TPDA)$	18012,5

Anexo 9. Tablas de SPF para accidentes de múltiples vehículos sin acceso de la parte C del HSM.

Tabla 76. Tabla 12-3 del HSM, SPF coeficientes para accidentes de múltiples vehículos sin accesos en segmentos de vía.

Coeficientes usados en la ecuación 12-10 del HSM			
Tipo de Vía	Interceptar (a)	TPDA (b)	Parámetro de dispersión (k)
Total de accidentes			
2U	-15,22	1,68	0,84
3T	-12,4	1,41	0,66
4U	-11,63	1,33	1,01
4D	-12,34	1,36	1,32
5T	-9,7	1,17	0,81
Accidente fatal y lesión			
2U	-16,22	1,66	0,65
3T	-16,45	1,69	0,59
4U	-12,08	1,25	0,99
4D	-12,76	1,28	1,31
5T	-10,47	1,12	0,62
Accidentes con solo daño materiales			
2U	-15,62	1,69	0,87
3T	-11,95	1,33	0,59
4U	-12,53	1,38	1,08
4D	-12,81	1,38	1,34
5T	-9,97	1,17	0,88

Tabla 77. Tabla 12-4 del HSM, distribución de accidentes de múltiples vehículos sin accesos.

Tipo de accidente	Proporción de accidentes por nivel de severidad para tipo de vías en específico									
	2U		3T		4U		4D		5T	
	FI	PDO	FI	PDO	FI	PDO	FI	PDO	FI	PDO
Colisión trasera	0,73	0,778	0,845	0,842	0,511	0,506	0,832	0,662	0,846	0,651
Colisión delantera	0,068	0,004	0,034	0,02	0,077	0,004	0,02	0,007	0,021	0,004
Colisión angular	0,085	0,079	0,069	0,02	0,181	0,13	0,04	0,036	0,05	0,059
Colisión lateral o de raspado, misma dirección	0,015	0,031	0,001	0,078	0,093	0,249	0,05	0,223	0,061	0,248
Colisión lateral o de raspado, dirección opuesta	0,073	0,055	0,017	0,02	0,082	0,031	0,01	0,001	0,004	0,009
Otras colisiones múltiple-vehículos	0,029	0,053	0,034	0,02	0,056	0,08	0,048	0,071	0,018	0,0029

Anexo 10. Tablas de SPF para accidentes de un solo vehículo de la parte C del HSM.

Tabla 78. Tabla 12-5 del HSM, SPF coeficientes para accidentes de un solo vehículo en segmentos de vía.

Coeficientes usados en la ecuación 12-11 del HSM			
Tipo de Vía	Interceptar (a)	TPDA (b)	Parámetro de dispersión (k)
Total de accidentes			
2U	-5,47	0,56	0,81
3T	-5,74	0,54	1,37
4U	-7,99	0,81	0,91
4D	-5,05	0,47	0,86
5T	-4,82	0,54	0,52
Accidente fatal y lesión			
2U	-3,96	0,23	0,5
3T	-6,37	0,47	1,06
4U	-7,37	0,61	0,54
4D	-8,71	0,66	0,28
5T	-4,43	0,35	0,36
Accidentes con solo daño materiales			
2U	-6,51	0,64	0,87
3T	6,29	0,56	1,93
4U	-8,5	0,84	0,97
4D	-5,04	0,45	1,06
5T	-5,83	0,61	0,55

Tabla 79. Tabla 12-6 del HSM, Distribución de accidentes de un solo vehículo para segmentos de vía por tipo de accidente.

Tipo de accidente	Proporción de accidentes por nivel de severidad para tipo de vías en específico									
	2U		3T		4U		4D		5T	
	FI	PDO	FI	PDO	FI	PDO	FI	PDO	FI	PDO
Colisión con animal	0,026	0,066	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,063	0,016	0,049
Colisión con objetos fijos	0,723	0,759	0,688	0,963	0,612	0,809	0,5	0,813	0,398	0,768
Colisión con otros objetos	0,01	0,013	0,001	0,001	0,02	0,029	0,028	0,016	0,005	0,061
Otras colisiones individual-vehículo	0,241	0,162	0,31	0,035	0,367	0,161	0,471	0,108	0,581	0,122

Anexo 11. Tablas de SPF para accidentes de múltiples vehículos relacionado con los accesos de la parte C del HSM.

Tabla 80. Tabla 12-7 del HSM, SPF coeficientes para accidentes de múltiples vehículos relacionados con los accesos en segmentos de vía.

Tipo de acceso (j)	Coeficientes por tipo de vías en específico				
	2U	3T	4U	4D	5T
Número de accidentes relacionadas con accesos por accesos por año (N_j)					
Comercial principal	0,158	0,102	0,182	0,033	0,165
Comercial secundario	0,05	0,032	0,058	0,011	0,053
Industrial/institucional principal	0,172	0,11	0,198	0,036	0,181
Industrial/institucional secundario	0,023	0,015	0,026	0,005	0,024
Residencial principal	0,083	0,053	0,096	0,018	0,087
Residencial secundario	0,016	0,01	0,018	0,003	0,016
Otros	0,025	0,016	0,029	0,005	0,027
Coeficiente de regresión para TPDA (t)					
Todos los accesos	1	1	1,172	1,106	1,172
Parámetro de dispersión (k)					
Todos los accesos	0,81	1,1	0,81	1,39	0,1
Proporción de accidentes fatal y lesiones (f_{dwy})					
Todos los accesos	0,323	0,243	0,342	0,284	0,269
Proporción de accidentes de solo daños materiales					
Todos los accesos	0,677	0,757	0,658	0,716	0,731

Anexo 12. Tablas de SPF para accidentes de vehículo-peatón de la parte C del HSM.

Tabla 81. Tabla 12-8 del HSM, factor de ajuste accidentes peatonales para segmentos de vía.

Tipo de vía	Factor de ajuste accidentes peatonales (f_{pedr})	
	Velocidad publicada 30 mph o inferior	Velocidad publicada superior a 30 mph
2U	0,036	0,005
3T	0,041	0,013
4U	0,022	0,009
4D	0,067	0,019
5T	0,03	0,023

Anexo 13. Tablas de SPF para accidentes vehículo-bicicleta de la parte C de la HSM.

Tabla 82. Tabla 12-9 del HSM, factor de ajuste accidentes bicicletas para segmentos de vía.

Tipo de vía	Factor de ajuste accidentes bicicletas (f_{biker})	
	Velocidad publicada 30 mph o inferior	Velocidad publicada superior a 30 mph
2U	0,018	0,004
3T	0,027	0,007
4U	0,011	0,002
4D	0,013	0,005
5T	0,05	0,012

Anexo 14. Tablas de CMF para estacionamiento en la calle.

Tabla 83. Tabla 12-19 del HSM, valores de f_{pk} usados para determinar el CMF para estacionamiento en la calle.

Tipo de Vía	Tipo de parqueadero			
	Parqueadero paralelo		Parqueadero ángulo	
	Residencial/ otros	Comercial o industrial/ institucional	Residencial /otros	Comercial o industrial/ institucional
2U	1,465	2,074	3,428	4,853
3T	1,465	2,074	3,428	4,853
4U	1,1	1,709	2,574	3,999
4D	1,1	1,709	2,574	3,999
5T	1,1	1,709	2,574	3,999

Anexo 15. Tablas de CMF para objetos fijos en la vía.

Tabla 84. Tabla 12-20 del HSM, factor de desplazamiento de objetos fijos.

Desplazamiento de objetos fijos en la vía, O_{fo} (ft)	Factor de desplazamiento de objetos fijos (f_{offset})
2	0,232
5	0,133
10	0,087
15	0,068
20	0,057
25	0,049
30	0,044

Tabla 85. Tabla 12-21 del HSM, proporción de accidentes por objetos fijos.

Tipo de vía	Proporción de accidentes por objetos fijos (p_{fo})
2U	0,059
3T	0,034
4U	0,037
4D	0,036
5T	0,016

Anexo 16. Tablas de CMF para ancho de mediana.

Tabla 86. Tabla 12-22 del HSM, CMF para ancho de mediana de segmentos de vía divididos.

Ancho de mediana (ft)	CMF
10	1,01
12	1
20	0,99
30	0,98
40	0,97
50	0,96
60	0,95
70	0,94
80	0,93
90	0,93
100	0,92

Anexo 17. Tablas de CMF para iluminación.

Tabla 87. Tabla 12-23 del HSM, Proporciones de accidentes nocturnos para segmentos de carreteras sin iluminación.

Tipo de segmento de vía	Proporción de accidentes nocturnos por nivel de gravedad		Proporción de accidentes que ocurren en la noche
	Fatal y lesiones p_{inr}	PDO p_{nr}	p_{nr}
2U	0,424	0,576	0,316
3T	0,429	0,571	0,304
4U	0,517	0,483	0,365
4D	0,364	0,636	0,41
5T	0,432	0,568	0,274

Anexo 18. Velocidades de punto.

Tabla 88. Velocidad de punto del barrio Provenza.

Movimiento oeste-este		Movimiento este-oeste	
Velocidad (km/h)	Número de vehículos	Velocidad (km/h)	Número de vehículos
24	2	19	4
25	6	24	2
26	10	25	2
27	6	26	2
28	10	28	6
29	4	29	8
31	4	31	6
32	2	32	6
33	4	33	2
34	4	34	6
35	8	35	4
36	6	36	6
37	6	37	6
38	6	38	14
39	2	39	2
40	4	40	6
41	8	41	4
42	2	42	2
43	2	45	4
54	4	48	4
58	2	51	2
		55	2
		68	2

Tabla 89. Velocidad de punto del barrio San Alonso.

Velocidad (km/h)	Número de vehículos
13	2
14	2
16	4
17	4
18	10
19	10
20	12
21	14
22	6
23	10
24	12
25	8
26	10
27	6
28	4
31	4
32	2
33	2
34	2
35	2
36	2
40	2
61	2