

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(141)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	LAURA JULIANA CONTRERAS BOHÓRQUEZ JOHAN EMIRO GARZÓN BARBOSA
FACULTAD	DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR	JENNIFER ÁLVAREZ PRADA
TÍTULO DE LA TESIS	ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA LA MODELACIÓN DE TRÁNSITO UTILIZANDO EL SOFTWARE VISSIM 7.0, SEGÚN ESTUDIO DE CASO EN LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE 3 CON CARRERA 28 y CALLE 2F, BARRIO PRIMERO DE MAYO, EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EL SIGUIENTE PROYECTO CONSTRUIRÁ UN MANUAL DEL SOFTWARE VISSIM 7.0 A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE 3 CON CARRERA 28 UBICADA EN EL BARRIO PRIMERO DE MAYO, DESGLOSANDO LOS ESTUDIOS DE TRANSITO PERTINENTES REALIZADOS PARA OBTENER INFORMACIÓN CALIBRADA QUE PERMITIERA MODELAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE CONFLICTO PARA POSTERIORMENTE PROPONER POSIBLES SOLUCIONES.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 141	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 78	CD-ROM: 1
--------------	---------	-------------------	-----------



ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA LA MODELACIÓN DE TRÁNSITO
UTILIZANDO EL SOFTWARE VISSIM 7.0, SEGÚN ESTUDIO DE CASO EN LA
INTERSECCIÓN DE LA CALLE 3 CON CARRERA 28 y CALLE 2F, BARRIO
PRIMERO DE MAYO, EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE
SANTANDER

AUTORES

LAURA JULIANA CONTRERAS BOHÓRQUEZ

JOHAN EMIRO GARZÓN BARBOSA

Trabajo de Grado para optar por el título de ingeniero civil

DIRECTOR

Ing. Esp. JENNIFER ÁLVAREZ PRADA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Noviembre, 2018

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por todas sus bendiciones no soy yo quien lo hace sino su gracia en mí, por permitirme alcanzar este nuevo triunfo. A mis padres infinitas gracias porque soy lo que soy por ellos, por apoyar siempre mis sueños, por hacer hasta lo imposible siempre por verme feliz, a mi mami por estar dispuesta a cualquier hora para mí en las agotadoras jornadas de estudio y a mi papi por enseñarme la fortaleza y valentía que se requieren para alcanzar las metas en la vida.

Gracias a mi directora de tesis la ingeniera Jennifer Álvarez quien fue un ángel que Dios nos envió para la realización de este proyecto, muchísimas gracias por toda su ayuda y dedicación, es una excelente persona y profesional.

Gracias a todas las personas amigos y familiares que contribuyeron con su granito de arena en este cimiento.

Laura Juliana Contreras Bohórquez

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la paciencia, valentía y fortaleza para perseguir este sueño. Doy infinitas gracias a mi madre por luchar incansablemente para ayudarme a ser mejor persona, a mi padre por brindarme todo su cariño y a mi novia Karina por ser un pilar en toda mi carrera. Este triunfo se lo dedico a la mujer que me dio la vida y me enseñó que los logros personales se obtienen con sacrificio y trabajo duro.

Johan Emiro Garzón Barbosa

Índice

Capítulo 1. Elaboración de un Manual para la Modelación de Tránsito utilizando el Software Vissim 7.0 según estudio de caso en la Intersección de la calle 3 con carrera 28 y calle 2f, Barrio Primero de Mayo, en el Municipio de Ocaña Norte de Santander	1
1.1 Planteamiento Del Problema	1
1.2 Formulación Del Problema.....	4
1.3 Objetivos De Investigación	4
1.3.1 Objetivo general.	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Delimitaciones.....	7
1.5.1 Delimitación operativa.	7
1.5.2 Delimitación conceptual.....	7
1.5.3 Delimitación geográfica.	7
1.5.4 Delimitación temporal.....	7
Capítulo 2. Marco Referencial.....	8
2.1 Antecedentes.....	8
2.1.1 Antecedentes bibliográficos.	8

2.1.2 Antecedentes investigativos.....	10
2.2 Marco Contextual.....	12
2.3 Marco Conceptual.....	13
2.4 Marco Teórico.....	16
2.4.1 Estudios de tránsito.....	17
2.4.2 Criterios para modelamiento de alternativas.....	22
2.4.3 Perpendicularidad de las trayectorias.....	23
2.4.4 Modelos del flujo vehicular.....	23
2.4.5 Microsimulación-VISSIM.....	24
2.4.6 Manual de señalización Vial 2015.....	24
2.5 Marco Legal.....	26
2.5.1 Normatividad Nacional.....	26
2.5.2 Normatividad Local.....	29
Capítulo 3. Diseño Metodológico.....	31
3.1 Tipo de investigación.....	31
3.2 Población.....	31
3.3 Muestra.....	32
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	32
3.5 Análisis de información.....	33
Capítulo 4. Resultados.....	34

4.1 Caracterizar físicamente la intersección ubicada en la calle 3 con carrera 28, barrio Primero de Mayo por medio de un levantamiento topográfico.	34
4.2 Identificar el flujo vehicular mediante los estudios de tránsito pertinentes, en el área de estudio.	39
4.3 Simular el flujo vehicular estudiado de la situación actual para obtener un modelo calibrado de la zona de estudio, utilizando el software VISSIM 7.0.	67
4.4 Proponer posibles soluciones mediante modelación a la problemática presente en la intersección de la calle 3 con carrera 28 y un análisis cuantitativo de los resultados obtenidos que permitirá establecer la alternativa a recomendar para su implementación.	74
4.5 Construir un manual que permita la modelación de flujos vehiculares con el Software Vissim 7.0 con ayuda del caso de estudio, que sea una herramienta a estudiantes y profesionales.	101
Capítulo 5. Conclusiones	99
Capítulo 6. Recomendaciones	101
Referencias.....	102
Apéndices	105

Lista de Tablas

Tabla 1. Cuadro de deltas	35
Tabla 2. Anchos de calzada y carril.....	39
Tabla 3. Tabla de movimientos vehiculares intersección 1	42
Tabla 4. Tabla de movimientos vehiculares intersección 2.....	44
Tabla 5. Análisis de velocidad de red acceso 1 (avenida-kiosco)	64
Tabla 6. Flujo peatonal en la hora pico de máxima demanda	67
Tabla 7. Resultados, situación actual	91
Tabla 8. Resultados, alternativa viable.....	92
Tabla 9. No motocicletas	97
Tabla 10. Motocicletas	98
Tabla 11. Resultados. Alternativa viable 2028.....	98

Lista de Figuras

Figura 1. Movimientos en la intersección de la cl 3 con Cra 28 y la cl 2f.	2
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.....	12
Figura 3. Primera y cuarta estación del levantamiento topográfico.	35
Figura 4. Plano topográfico.	37
Figura 5. Plano primera intersección.....	37
Figura 6. Plano segunda intersección.	38
Figura 7. Ubicación de las cámaras de seguridad.....	40
Figura 8. Monitor y DVR.	40
Figura 9. Movimientos intersección 1.	41
Figura 10. Movimiento 2.1.....	42
Figura 11. Movimientos intersección 2.	43
Figura 12. App U-Count Professional “Aforos de Tráfico”.....	45
Figura 13. Encabezado del formato de Aforos por día intersección 1.	45
Figura 14. Volumen vehicular lunes 21 Mayo del 2018.	47
Figura 15. Volumen vehicular martes 22 Mayo del 2018.	48
Figura 16. Volumen vehicular miércoles 23 Mayo del 2018.	49
Figura 17. Volumen vehicular jueves 24 de Mayo del 2018.....	50
Figura 18. Volumen vehicular viernes 25 de Mayo del 2018.	51
Figura 19. Volumen vehicular sábado 26 de Mayo del 2018.....	52
Figura 20. Volumen vehicular domingo 27 de Mayo del 2018.....	53
Figura 21. Volumen horario lunes.....	54

Figura 22. Volumen horario martes.....	54
Figura 23. Volumen horario miércoles.....	55
Figura 24. Volumen horario jueves.	55
Figura 25. Volumen horario viernes.....	55
Figura 26. Volumen horario sábado.	56
Figura 27. Volumen horario domingo.	56
Figura 28. Volumen horario acceso 1 del día lunes.	57
Figura 29. Porcentaje de usuarios que realizaron el movimiento 1.2 (ruta) en el acceso. .	57
Figura 30. Composición vehicular, movimiento 1.2.	58
Figura 31. Encabezado del formato de Aforos por día intersección 2.	59
Figura 32. Porcentaje de decisión del acceso 7 que entra al acceso 1.....	59
Figura 33. Porcentaje de decisión del acceso 8 que entra al acceso 1.....	60
Figura 34. Porcentaje de decisión del acceso 9 que entra al acceso 1.....	60
Figura 35. Puntos de referencia para estudio de velocidades de red.	61
Figura 36. Sentidos de velocidades de red.	61
Figura 37. App voz! Cronometro y temporizador.	62
Figura 38. Encabezado de formatos de estudio de velocidades.	62
Figura 39. Tiempos de viaje.	65
Figura 40. Análisis de la velocidad de cruce.....	65
Figura 41. Cruces peatonales más comunes.	66
Figura 42. Plano topográfico.	68
Figura 43. Definición de la intersección 1.....	68
Figura 44. Definición de la intersección 2.....	69

Figura 45. Volumen horario vehicular por accesos ingresados al software.	70
Figura 46. Composición vehicular acceso 2.	70
Figura 47. Composición vehicular acceso 2 en el software.	71
Figura 48. Volumen vehicular en el software.	71
Figura 49. Rutas acceso 1.	71
Figura 50. Decisiones de rutas acceso 1.	72
Figura 51. Velocidades de red.	72
Figura 52. Velocidades de cruce.	73
Figura 53. Flujo peatonal.	73
Figura 54. Modificación del comportamiento en motos.	74
Figura 55. Cruce de cebra.	75
Figura 56. Dimensiones para demarcación con flechas.	75
Figura 57. Señalización vertical.	76
Figura 58. Señalización planteada en la cl2b con cr27b.	77
Figura 59. Señalización planteada intersección 2.	78
Figura 60. Estado actual de la Cr28c entre la Cl3 y Cl4.	78
Figura 61. Señalización planteada cl 3 con cr28c.	79
Figura 62. Alternativa 1 – Redireccionamiento y señalización.	81
Figura 63. Alternativa 2 – 3 semáforos.	82
Figura 64. Alternativa 3 – 4 semáforos.	83
Figura 65. Tiempos semafóricos calculados matemáticamente alternativa 2 (tres semáforos).	88

Figura 66. Tiempos semafóricos calculados matemáticamente alternativa 3 (cuatro semáforos).....	88
Figura 67. Tiempos semafóricos recalculados según Redireccionamiento alternativa 2....	89
Figura 68. Tiempos semafóricos recalculado según Redireccionamiento alternativa 3 (cuatro semáforos).	89
Figura 69. Tasa de crecimiento.	93
Figura 70. Regresión lineal.....	94
Figura 71. Regresión exponencial.	95
Figura 72. Regresión logarítmica.	95
Figura 73. Regresión potencial.....	96
Figura 74. Perspectiva 1 alternativa 2 (3 semáforos)	99
Figura 75. Perspectiva 2 alternativa 2 (3 semáforos).	99
Figura 76. Perspectiva 3 alternativa 2 (3 semáforos).	100
Figura 77. Perspectiva 4 alternativa 2 (3 semáforos).	100
Figura 78. Perspectiva 5 alternativa 2 (3 semáforos).	101

Lista de Apéndices

Apéndice A. Plano topográfico y cartera de puntos.	106
Apéndice B. Aforos vehiculares 24h 7 días intersección 1.	107
Apéndice C. Movimientos totales por día.	108
Apéndice D. Movimientos totales por acceso HMD intersección 1.	109
Apéndice E. Aforos vehiculares hora pico 7 días intersección 2	110
Apéndice F. Movimientos totales HMD intersección 2.	111
Apéndice G. Velocidades de red.	112
Apéndice H. Tiempos de viaje.	113
Apéndice I. Video Muestra.....	114
Apéndice J. Planos de alternativas.	115
Apéndice K. Tablas arrojadas por el software.....	116
Apéndice L. Datos de tránsito proyectados.	117
Apéndice M. Información de la secretaría de tránsito.....	118
Apéndice N. Manual de usuario PTV VISSIM 7.0.	119

Resumen

Las herramientas computacionales de tránsito y transporte toman cada vez más importancia para realizar estudios de movilidad, a través de ellas se obtiene el comportamiento de un punto de conflicto y se identifican los factores que le afectan. Sus herramientas permiten la evaluación y planificación de alternativas para el mejoramiento del tránsito, aumentando la seguridad, capacidad y eficiencia del sistema.

El siguiente proyecto construirá un manual del software VISSIM 7.0 a partir del estudio de la intersección de la calle 3 con carrera 28 ubicada en el barrio Primero de Mayo, desglosando los estudios de tránsito pertinentes realizados para obtener información calibrada que permitiera modelar la situación actual de la zona de conflicto para posteriormente proponer posibles soluciones. Brindando a estudiantes y profesionales un instrumento y referente para posibles estudios futuros en la búsqueda de mejoramiento del tráfico del municipio de Ocaña.

Abstract

The computational tools of transit and transport are becoming increasingly important to perform mobility studies, through which the behavior of a conflict point is obtained and the factors that affect it are identified. Its tools allow the evaluation and planning of alternatives for the improvement of traffic, increasing the safety, capacity and efficiency of the system.

The following project will build a VISSIM 7.0 software manual based on the study of the intersection of 3rd Street and Carrera 28 located in the Primero de Mayo neighborhood, breaking down the pertinent traffic studies carried out to obtain calibrated information that would allow modeling the current situation of the zone of conflict to later propose possible solutions. Providing students and professionals with an instrument and reference for possible future studies in the search for improvement of traffic in the municipality of Ocaña.

Introducción

A medida del crecimiento y desarrollo de las ciudades crece consigo los problemas de congestión vehicular generando zonas de conflicto en intersecciones frecuentadas e importantes a raíz del alto volumen de tráfico, siendo un riesgo latente de accidentalidad y caos vehicular.

En Ocaña específicamente en el barrio Primero de Mayo sobre la calle 3 con carrera 28, es una zona de conflicto grande por los múltiples movimientos a causa del número de accesos que convergen, provocando un riesgo alto para los usuarios, pues no hay prioridad en los movimientos, y la señalización existente no es la adecuada.

El presente trabajo de investigación busca encontrar alternativas de mejoramiento en la movilidad del sector mencionado, mediante redireccionamientos viales, priorización de movimientos, señalización adecuada (vertical y horizontal) según el manual de señalización vial 2015, basados en la modelación, análisis y evaluación del software PTV VISSIM 7.0.

Capítulo 1. Elaboración de un Manual para la Modelación de Tránsito utilizando el Software Vissim 7.0 según estudio de caso en la Intersección de la calle 3 con carrera 28 y calle 2f, Barrio Primero de Mayo, en el Municipio de Ocaña Norte de Santander

1.1 Planteamiento Del Problema

En la ciudad de Ocaña particularmente se ha venido presentado un problema de movilidad y accidentalidad, debido a la gran cantidad de vehículos automotores, deficientes rutas e infraestructura vial, además de lo anterior, el estacionamiento inadecuado de los vehículos sobre las vías disminuyen la capacidad de las mismas limitando el flujo vehicular y ocasionando congestión. Dentro de la red vial urbana existen intersecciones que se convierten en puntos críticos, agravando esta situación la irresponsabilidad con la que conducen los ciudadanos de la región, este es el caso de la intersección situada en el barrio Primero de Mayo.

En este punto de conflicto convergen sobre la intersección de la calle 3 con Cra 28, 6 accesos y demasiados movimientos como se observa en la Figura 1. Ocasionalmente ocasionando un caos de congestión vehicular y un punto latente de accidentalidad.

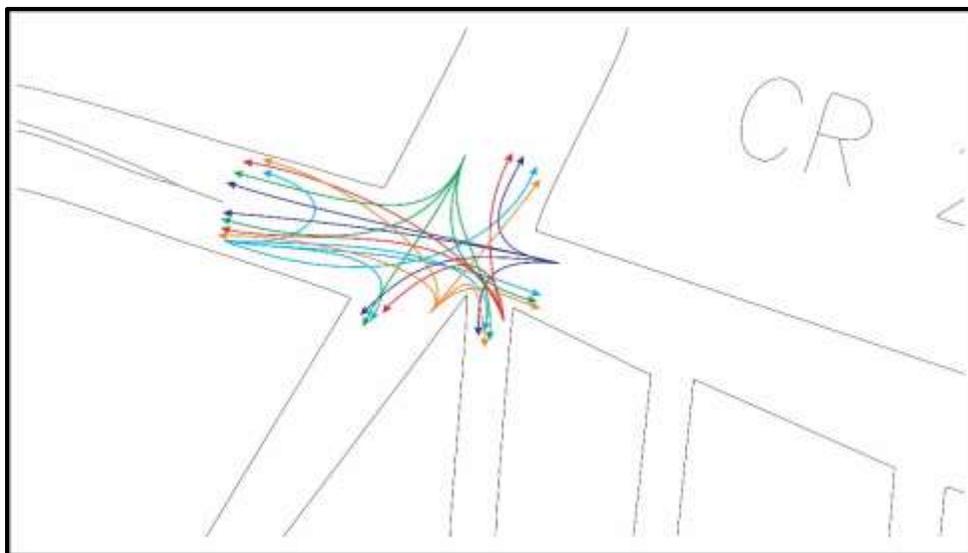


Figura 1. Movimientos en la intersección de la cl 3 con Cra 28 y la cl 2f.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

En el punto mencionado se puede evidenciar que se requiere un estudio claro que evalúe las implicaciones de los diferentes factores que inciden en la congestión vehicular, actualmente en la zona se puede observar que no hay una señalización clara para peatones y conductores, de igual forma este punto es muy importante porque comunica con la Avenida Francisco Fernández de Conteras por tanto el flujo vehicular es alto. En las horas pico del día se hace evidente la congestión vehicular originada por las fallas en las medidas de movilidad implementadas por las entidades municipales. Por tanto es preocupante que no se tomen acciones orientadas a solucionar esta situación que desencadena problemas de tráfico vehicular, accidentalidad, contaminación auditiva y estrés en algunos casos.

El problema de movilidad en vías urbanas no es solo de Ocaña, a nivel mundial ha sido necesario establecer políticas y avances en la ingeniería de transporte para evaluar y aplicar soluciones que permitan reducir esta situación. Es muy alarmante porque los puntos donde no

hay un buen plan de movilidad pueden incidir directa e indirectamente en la problemática del sistema.

Los peatones y conductores en una alta proporción en Colombia no tienen un comportamiento comparado con los de países desarrollados, además los procesos urbanísticos en especial de Ocaña son desordenados y carecen de planeación, por tanto es claro que en algunos momentos la ciudad colapsa por sus calles angostas y mal estado del pavimento en algunas vías. Sumado a lo anterior, se están tomando decisiones arbitrarias desde la administración municipal sobre movilidad, las cuales no tienen un estudio o un soporte técnico, implementándose y modificándose sobre la marcha, sin tener un plan de movilidad. Lo cual deja muchas variables sin ser consideradas, generando embotellamiento, incomodidad y demoras en los trayectos.

Por lo anterior se debe ajustar las modelaciones realizadas con Software donde se simulen situaciones cercanas a la realidad, pues hoy en día no existe una herramienta que lleve de la mano al ingeniero o estudiante para desarrollar los modelos en forma completa, ordenada y con casos de aplicación real; donde adaptar este modelo requiere de un trabajo particular, mediante aforos debido que se tienen múltiples variables, y todas se deben incluir, se debe caracterizar los flujos de acuerdo a los conteos y las zonas de conflicto, con el objetivo de crear modelos confiables para ser un soporte en la toma de decisiones en el área de Movilidad de la ciudad de Ocaña que permita simular la eficiencia de las posibles soluciones que se puedan formular a los casos más importantes, en los cuales una óptima circulación puede beneficiar los aspectos ambientales, económicos y sociales.

1.2 Formulación Del Problema

¿Con la elaboración de un manual de usuario VISSIM 7.0 se podrá modelar la intersección entre la calle 3 con Cra 28 Barrio Primero de Mayo y servirá como referente para futuros estudios en la solución de puntos de conflicto en el Municipio de Ocaña , Norte de Santander?

1.3 Objetivos De Investigación

1.3.1 Objetivo general. Elaborar un manual utilizando el software VISSIM 7.0 según estudio de caso en la intersección de la calle 3 con carrera 28 y calle 2f barrio Primero de Mayo en el municipio de Ocaña, Norte de Santander para la modelación de alternativas de mejoramiento de tránsito.

1.3.2 Objetivos específicos. Caracterizar físicamente la intersección ubicada en la calle 3 con carrera 28 y calle 2F, barrio Primero de Mayo.

Identificar el flujo vehicular mediante los estudios de tránsito pertinentes, en el área de estudio.

Simular el flujo vehicular estudiado de la situación actual para obtener un modelo calibrado de la zona de estudio, utilizando el software VISSIM 7.0.

Proponer posibles soluciones mediante modelaciones a la problemática presente en la Intersección de la calle 3 con carrera 28 y un análisis cuantitativo de los resultados obtenidos que permitirá establecer la alternativa a recomendar para su implementación.

Construir un manual que permita la modelación de flujos vehiculares con el Software Vissim 7.0 con ayuda del caso de estudio, que sea una herramienta a estudiantes y profesionales.

1.4 Justificación

El principal motivo para el desarrollo de las herramientas que permiten la simulación de tráfico vehicular es la seguridad vial. Según el Plan de Manejo de Seguridad Vial (ANSV, 2013):

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial (2013), señala que anualmente fallecen más de 1,24 millones de personas en accidentes de tránsito y que diariamente se llega, en promedio a 3.000 decesos. Además, entre 20 y 50 millones más sufren traumatismos por esta misma causa.

En ese contexto, Colombia no es ajena a esta problemática, dadas sus altas cifras de accidentalidad y la tendencia presentada en los últimos diez años (2005 - 2014) la cual muestra una cifra de 1.836.373 accidentes de tránsito para dicho periodo, cobrando la vida de 58.121 personas y dejando lesionadas a 411.956. Tan solo en el 2014 se presentaron 157.693 accidentes, en los que fallecieron 6.352 personas, lo que supone un incremento del 2,1% frente a 2013. En cuanto a lesionados el país presentó 41.452 víctimas no mortales, cifra que representa un aumento del 6,2% con respecto al año 2013. Este panorama hace de los accidentes de tránsito en Colombia la segunda causa de muerte violenta en el país (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses; Fondo de Prevención Vial, 2010), y la primera causa de muerte de los jóvenes colombianos menores de 30 años (Contraloría General, 2012).

Debido a la complejidad de todas las variables involucradas en el flujo vehicular en vías urbanas, y a la dificultad de cómo se caracteriza el tránsito, en muchas situaciones la toma de decisiones se basa en la experimentación, dando como resultado proyectos no viables y alejados de la realidad; lo que lleva a que no existan alternativas de solución. Por lo tanto a medida que los problemas de tránsito vehicular se enfoquen técnica y científicamente mediante una metodología como por ejemplo la simulación de condiciones locales, se podrán generar diferentes propuestas de mejoramiento.

Es aquí donde intervienen herramientas computacionales en las cuales se pueden poner a prueba las posibles soluciones antes de su implementación, de este modo la administración municipal y las autoridades competentes tomarán las medidas necesarias con una fuente confiable y de una manera correcta, siendo un método seguro y eficiente.

A causa de esto, es muy importante la elaboración de un manual que busca que los usuarios encuentren una herramienta fácil para la toma de decisiones en problemas cotidianos en la modelación de flujos vehiculares, el uso del programa VISSIM permite modelar una situación real y la implementación de medidas de mejoramiento como los son: señalización, sentidos de las vías, elementos de control, entre otros. Con esto se brinda a la universidad un instrumento práctico para el aprovechamiento del software adquirido por la misma, siendo de gran utilidad para la adquisición de mejores competencias en el campo de la ingeniería de tránsito.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa. Para la realización del manual se requiere la ejecución de actividades planteadas como estudios de tránsito, aforos mediante cámaras de seguridad, herramienta cuantitativa para el estudio de aforos vehiculares y peatonales, levantamiento topográfico, documentación de artículos y tesis que ya han estudiado el tema (Mantilla Collantes, Rincón Amaya, & Sepúlveda Guerrero, 2017), (DIVANTOQUE VILLALOBOS, AGUDELO NIÑO, & GONZALEZ HERNANDEZ, 2017), (INVIAS_CONSORCIO ECOPUENTES, 2013), (<http://www.who.int/es>, s.f.) y además la modelación en el software VISSIM 7.0 adquirido por la UFPSO para realizar la simulación de las posibles alternativas de mejoramiento de tránsito en la intersección.

1.5.2 Delimitación conceptual. Esta investigación abarca conceptos y conocimientos en el área de movilidad, espacio público, estudios técnicos de vías, tránsito, transporte y además se tendrán en cuenta los resultados arrojados por la modelación realizada en un software, para el diseño y simulación de alternativas operacionales en el punto de estudio, apoyados por los conocimientos brindados del director del proyecto.

1.5.3 Delimitación geográfica. El lugar de estudio se encuentra ubicado en la calle 3 con carrera 28 y calle 2F del barrio Primero de Mayo en la ciudad de Ocaña N.S.

1.5.4 Delimitación temporal. El tiempo para el desarrollo del proyecto es de cinco meses por considerar ser un periodo que permitirá establecer los objetivos planteados.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes bibliográficos. A continuación se recopilara a través del tiempo, la evolución de la ingeniería de tránsito y el impacto que ha tenido en la solución de la problemática de accidentalidad, congestionamiento y la seguridad vial, a través de los siguientes autores y sus libros.

En su libro *Ingeniería de Transito, Fundamentos y aplicaciones* (Cal y Mayor, 2006)

muestra:

El comienzo de todo con la invención de la rueda, hace unos 5000 años, se originó la necesidad de construir superficies de rodamiento que permitieran la circulación del incipiente tránsito de entonces. Lo anterior se supone debido a que en las minas de la ciudad de Ur, Mesopotamia, se encontraron carretas de cuatro ruedas.

En esa época, dos grandes pueblos, el asirio y el egipcio, iniciaron el desarrollo de sus caminos. Los indicios de los primeros caminos, señalan la existencia de una ruta entre Asia y Egipto. Los cartagineses, se sabe, construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del Mediterráneo, 500 A.C. (p.2).

Mucho tiempo después surge el gran invento que revolucionó y cambió la historia de la humanidad, durante la segunda revolución industrial fue registrado en la Oficina de Patentes de Berlín, el primer vehículo de combustión interna por Karl Benz el 29 de enero de 1886. Desde ese entonces muchos ingenieros han trabajado para mejorar la velocidad de 16 km/h, que el vehículo de tres ruedas y 0.75 CV inventado por el ingeniero alemán alcanzaba.

La evolución de los automóviles desde la patente de Benz ha sido impresionante. Aunque su función (el transporte de personas y mercancías) no ha variado, sí que lo han hecho sus componentes y accesorios, haciendo del coche un medio de transporte más rápido y seguro. (Cal y Mayor, 2006)

A través de los siglos se puede observar la evolución que ha tenido el tránsito a medida que también evolucionan tanto el camino como el vehículo. Los nuevos sistemas de transporte del Siglo 21 deberán ser seguros, eficientes, integrados y en especial ambientalmente sostenibles, pero el automóvil como medio de transporte está cuestionado pues si se sigue con el aumento tan vertiginoso para atender a unos pocos usuarios será necesario tener más calles y más carreteras que finalmente terminarán saturadas y ya no habrá espacio para más; es aquí donde la solución que se nos avecina son los sistemas integrados de transporte público que traten de sustituir los actuales sistemas privados fortaleciendo el uso de la bicicleta y las zonas peatonales en los núcleos urbanos, se hará más uso de la electricidad, la electrónica, los sistemas satelitales y posiblemente el transporte ya no será de superficie sino elevado. (Cal y Mayor, 2006)

Para (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013) en su libro *Ingeniería de Tránsito, Conceptos básicos*, plantea una solución técnica para todos los problemas y variables que enfrenta el siglo 21 en el área de tránsito, en donde describe un *Plan de manejo de Tránsito*, el cual se define como:

Una propuesta técnica que plantea las estrategias, las alternativas y las actividades necesarias para minimizar el impacto generado por las condiciones habituales de movilización y desplazamientos de los usuarios de las vías (peatones, vehículos, ciclistas, entre otros) por la ejecución de un proyecto u obra.

De igual forma Colombia no ha sido ajena a este proceso según el Manual de Diseño Geométrico de Vías, en sus diferentes momentos históricos y de desarrollo tecnológico ha

acudido a diversos modos y sistemas de transporte con el fin de atender la creciente economía nacional, hasta el momento actual en el que la mayor parte del transporte se desarrolla mediante el uso de las carreteras, consideradas en la mayoría de los casos como ejes articuladores de los diferentes procesos de poblamiento y expansión económica. Dadas las condiciones geoestratégicas del país, que lo ubican en un lugar prioritario dentro de los procesos de integración regional y de globalización, es necesario contar con una red vial tanto urbana como rural, que le permita servir a la demanda de transporte en forma segura, cómoda y eficiente.

2.1.2 Antecedentes investigativos. La problemática del tránsito y transporte ha sido eje de gran interés para la investigación de diferentes autores. Debido a que en problemas con características de complejidad y magnitud como el de control de tráfico urbano no es viable validar las estrategias de control directamente sobre la malla vial, la utilización de plataformas de simulación se encuentra fundamentalmente ligada a las estrategias de control de tráfico urbano.

Por esta razón, es importante identificar qué plataformas de simulación se están utilizando en Colombia y en otros países, tanto por la comunidad académica en general como por las autoridades distritales y municipales a través de consultorías por parte del sector privado para llevar a cabo su gestión.

Por otra parte, para (Arrieta, 2013) en su tesis para optar el título de ingeniera civil asegura:

La implementación de planes de manejo de tráfico y transporte y el creciente aumento de la demanda vial, generan una serie de inconvenientes en el manejo del tráfico vehicular de las áreas urbanas, es por esto que a nivel mundial se están utilizando programas numéricos utilizados para entre otros aspectos simular los comportamientos de las redes viales y optimizar las condiciones existentes en estas. Uno de estos programas es el VISSIM, que es un micro simulador del tráfico con el que se obtienen muy buenos resultados. A nivel nacional se ha utilizado esta herramienta para la elaboración de proyectos que tienen como objetivo mejorar los comportamientos viales.

Del mismo modo aseguran (Farinango Hernández & Riaño Arango, 2016) en su tesis Estudio de tránsito y modelación para dar soluciones viales a desnivel de la intersección de la carrera 8 entre el par vial de la calle 25 y calle 26 de la Ciudad de Santiago de Cali. Mencionan:

Existen un gran número de variables que intervienen en el flujo vehicular de las redes viales urbanas, y junto con éstas un sin número de dificultades a la hora de comprender como ellas caracterizan el tránsito. La mayor parte de las decisiones que se toman en torno a las variables que intervienen en el flujo vehicular, se basan en la experimentación, la cual arroja como resultado alternativas de solución para un problema determinado, estas alternativas se pueden poner prueba antes de su ejecución, dando la opción para escoger la óptima desde un punto de vista técnico y económico. La ciudad diariamente se enfrenta a un problema de tráfico y más en las intersecciones donde hay alto volumen de vehículos transitando.

2.2 Marco Contextual

El presente trabajo investigación es desarrollado mediante un estudio de tránsito, que se realizará, en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, específicamente en la intersección de la carrera 28 con la calle 3 y calle 2F, la cual presenta un problema de congestionamiento vehicular que afecta la sociedad que transita por esta zona.

Por tal razón mediante un análisis de datos de los estudios realizados en la intersección se modelará en el software Vissim 7, la situación actual del flujo vehicular, para así, buscar una posible solución mediante un estudio de alternativas y posterior simulación. En la Figura 2 se muestra la ubicación de la zona de estudio.



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Maps

2.3 Marco Conceptual

Las siguientes definiciones, mostrarán de manera clara los conceptos base de la investigación:

Accidente de Tránsito: Evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho. (Registro Único Nacional de Tránsito, 2017)

Acera o Andén: “Franja longitudinal de la vía urbana, destinada exclusivamente a la circulación de peatones, ubicada a los costados de ésta” (Ley 769 Código Nacional de Tránsito Terrestre, 2002).

Aforo: Es el conteo de vehículos o de peatones, siendo una muestra de sus volúmenes en un determinado tiempo y punto, teniendo como objetivo cuantificar.

Calzada: “Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos. Generalmente pavimentada o acondicionada con algún tipo de material de afirmado” (INVIAS, 2008, p. 269).

Capacidad: “Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica del sistema vial, y representa su oferta” (Cal y Mayor, 2006, p. 169).

Carril: “Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos” (INVIAS, 2008, p. 269).

Conductor: Persona facultada por la autoridad competente de tránsito, previo cumplimiento de los requisitos legales, para desempeñar tal actividad. Debe conocer, cumplir y acatar las normas de tránsito. Al conducir el vehículo debe respetar el paso de los peatones, ciclistas y motociclistas. Cuando el vehículo esté en movimiento estar atentos a cualquier situación. Tener una buena visión de la parte trasera del vehículo y sus lados, para ello son los espejos laterales uso público o privado. (ANSV, 2017)

Dispositivos de control: “Se denominan así a señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a la calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas” (Cal y Mayor, 2006, p. 124).

Estudios de Tránsito: Herramientas que cuantifican, clasifican y conocen el volumen vehicular o peatonal.

Ingeniería de tránsito: Es una parte de la ingeniería de transporte relacionada con la planeación, el proyecto geométrico (proceso de correlación entre los elementos físicos de calles y carreteras), y las características operativas de los vehículos), la operación del tránsito por las calles y carreteras y sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013)

Intersección: “Dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel o bien en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan” (INVIAS, 2008, p. 271).

Motociclista: Persona facultada por la autoridad competente de tránsito, previo cumplimiento de los requisitos legales, para desempeñar tal actividad. Debe conocer, cumplir y acatar las normas de tránsito. Al conducir la motocicleta debe respetar el paso de los peatones, ciclistas y vehículos. Cuando la motocicleta esté en movimiento estar atentos a cualquier situación. (ANSV, 2017)

Peatón: “Un peatón, según la Real Academia de la Lengua Española, es una persona que va a pie por una vía pública. El tránsito de peatones en Colombia está delimitado por fuera de las zonas destinadas al tránsito de vehículos” (ANSV, 2017).

Simulación Vehicular: Representar la situación actual y las alternativas de solución de las variables que optimizaran el tránsito en el caso de estudio mediante el software VISSIM.

Tráfico: “Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un período determinado” (Ley 769 Código Nacional de Tránsito Terrestre, 2002).

Tránsito: “Movilización de personas, animales o vehículos por una vía pública o privada abierta al público” (Ley 769 Código Nacional de Tránsito Terrestre, 2002).

Transporte: “Traslado de personas, animales o cosas de 20 un punto a otro a través de un medio físico” (Ley 769 Código Nacional de Tránsito Terrestre, 2002).

Transporte Público: “Comprende los medios de transporte en que los pasajeros no son los propietarios de los mismos, siendo servidos por terceros” (Cal y Mayor, 2006, pág. 538).

Vehículo: “Aparato montado sobre ruedas que sirve para trasportar personas, animales o cosas” (ANSV, 2017).

Velocidad: “Relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (Km/h)” (Cal y Mayor, 2006, p. 235).

Vía: “Zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales” (Ley 769 Código Nacional de Tránsito Terrestre, 2002).

Volumen: “Es el número de vehículos (o personas) durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente” (Cal y Mayor, 2006, p. 169).

2.4 Marco Teórico

La ingeniería de tránsito en la rama de la ingeniería civil, estudia los cinco elementos fundamentales del tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo, la vía y el medio ambiente en el que interactúan, mediante instrumentos básicos como estudios de tránsito de: volumen, interacción, velocidad, peatones, accidentes, entre otros. Para racionalizar la información obtenida de estos estudios se utilizan leyes matemáticas, probabilidades, física, medios científicos y hoy en día software como Vissim para modelar la circulación. El conocimiento racional de esta información permite que la ingeniería de tránsito mejore la circulación aplicando

medios restrictivos logrando la eficiencia que no se lograba con las medidas arbitrarias implementadas antes de que surgieran estas herramientas. (Alaix, 2007)

De esta manera se presentará información muy útil que atenderá las necesidades de la zona de estudio.

2.4.1 Estudios de tránsito. La toma de información es uno de los aspectos esenciales en cualquier estudio de tránsito, ya que de esta depende la validez de los resultados y especialmente las predicciones del comportamiento del tránsito. A continuación se presentan los aspectos más relevantes de la toma de información para la elaboración del trabajo de investigación:

Características físicas de la zona: Es importante contar con información básica de la infraestructura vial dentro de la zona de estudio. El inventario vial se refiere especialmente la recopilación de datos físicos de la estructura existente y dispositivos de control, mediante trabajo de campo con metodología y formatos. Se debe efectuar una inspección visual y levantamiento topográfico del lugar. La información se debe consignar en planos y formatos de fácil consulta. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013)

Los planos del inventario físico y formatos de la zona deben incluir en lo posible y en términos generales:

Jerarquía de las calles.

Ubicación de referencias.

Sección transversal acotada y principales elementos que la integran.

Longitud real de cada tramo de la red vial.

Número de carriles y longitud.

Utilización de carriles.

Pendientes.

Dispositivos de control.

Sentidos de circulación del flujo vehicular.

Rutas y paraderos del transporte público de pasajeros.

Límites de velocidad.

Restricción al estacionamiento en la vía pública.

Restricciones existentes para vehículos pesados.

Lugares de estacionamiento.

Tipo y estado del pavimento y ubicación de sumideros.

Facilidades peatonales en la zona. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013)

Características del tránsito en la zona: Se debe conocer las variables básicas del comportamiento de la circulación vehicular y peatonal en la zona estudiada. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013). Estas son:

Volúmenes de tránsito: intensidad y composición del tránsito en general, esto es la variación horaria y variación diaria del flujo vehicular.

Velocidad de operación del tránsito vehicular.

Características del servicio de transporte público colectivo.

Tránsito peatonal

Otros datos del tránsito (zonas de cargue y descargue de mercancías, transporte escolar).

(Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013)

Volúmenes de tránsito: Los volúmenes vehiculares son los datos de mayor interés para la caracterización de la red vial de la zona. El funcionamiento global de la zona de estudio es el reflejo de los volúmenes de tránsito. Las “horas pico” o de máxima demanda ponen a prueba la capacidad de la red (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013). Conviene conocer los siguientes datos:

Variación diaria del tránsito.

Variación horaria de tránsito.

Composición del tránsito (autos, buses, camiones, motos, ciclistas).

Se deben realizar aforos vehiculares, de una hora son suficientes.

Velocidad de operación del tránsito: La velocidad de operación del tránsito se debe conocer en las vías de la zona. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013) .La velocidad sirve para definir aspectos básicos como:

Velocidades máximas permitidas.

Longitudes de transición.

Demoras adicionales o incremento de demoras.

Características del servicio público colectivo: Se debe tomar en cuenta la importancia del transporte público para la movilización de la ciudad. Este tipo de servicio es el que necesita de mayor cuidado para minimizarle los impactos. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013). Los aspectos más relevantes que se deben conocer sobre el servicio de transporte público colectivo son:

Número de rutas y empresas a las que pertenecen.

Recorridos de las rutas.

Frecuencia de paso de las rutas.

Velocidad y demoras del transporte público.

Periodos de prestación del servicio.

Demanda de pasajeros en la zona.

Tránsito peatonal: Los peatones son los más vulnerables, cualquiera sea el tipo de intervención que se realice. En las alternativas de solución de deben garantizar las condiciones de seguridad y accesibilidad en la zona de estudio. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013). Conviene conocer la intensidad de los volúmenes de peatones, dependiendo de la intensidad de flujos peatonales se deben tomar las precauciones en el diseño de las alternativas. Los volúmenes peatonales se clasifican según los siguientes rangos:

Volumen ligero: 100-250 peatones/hora.

Volumen moderado: 250-500 peatones/hora.

Volumen pesado: > 500 peatones/hora.

Volúmenes moderados y pesados de peatones justifican la ubicación de infraestructuras y dispositivos especiales. En los volúmenes ligeros y mínimos, más que la capacidad, lo que importa es la seguridad y accesibilidad en la zona. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013)

Otros datos del tránsito: Datos de accidentalidad.

Restricciones de circulación para vehículos pesados o programas de pico y placa. (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013)

Intersecciones y su canalización. De acuerdo al INVIAS, para las intercepciones se debe tener en cuenta lo siguiente:

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía del sitio, a las características geométricas de las carreteras que se cruzan y a las condiciones de su flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, los ingenieros deben proponer alternativas para ser evaluadas y con sus resultados seleccionar la más conveniente. (INVIAS, 2008, p. 169)

Del mismo modo (Bañón, 2012) menciona que:

Se debe tener en cuenta datos funcionales estudiándose el rango y el tipo de vías que concurren, dando una mayor preferencia a aquella que mayor tráfico posea. También datos de tráfico efectuándose un análisis tanto cuantitativo, conociendo las intensidades de tráfico en cada vía como cualitativo, estudiando la composición de dicho tráfico. A su vez es importante tener en cuenta la velocidad en los accesos y los movimientos locales. Y por último los accidentes y su repetición en la intersección justifican su acondicionamiento.

La canalización de las intersecciones sirve para orientar a los autos y peatones de manera adecuada para tener una mejor regulación del tráfico. Esta puede ser física mediante el uso de islas o puede ser virtual mediante señalización y demarcación. (Flores, 2016)

2.4.2 Criterios para modelamiento de alternativas. Para obtener la alternativa más conveniente y sencilla para los usuarios se tienen en cuenta los siguientes criterios generales:

Priorización de los movimientos: Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, obligando a estos últimos limitarse con señales. (INVIAS, 2008)

Consistencia con los volúmenes de tránsito: La mejor alternativa es la consistente entre su tamaño y la magnitud de los volúmenes de tránsito. (INVIAS, 2008)

Sencillez y claridad: La canalización no debe ser excesivamente complicada, ni obligar movimientos molestos. (INVIAS, 2008)

Separación de los movimientos: Según los flujos de diseño determinados para cada caso, puede ser necesario generar movimientos con vías en sentido único. (INVIAS, 2008)

Visibilidad: La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección se limita respectivamente a la visibilidad incluso si se llega a detener totalmente. (INVIAS, 2008)

2.4.3 Perpendicularidad de las trayectorias. Las intersecciones en ángulo recto generan áreas mínimas de conflicto. (INVIAS, 2008)

Previsión: las intersecciones exigen superficies amplias. (INVIAS, 2008)

2.4.4 Modelos del flujo vehicular. “La optimización en tránsito indica la selección de las mejores condiciones de operación, sujeto a las habilidades del sistema o recursos y a las restricciones del usuario y del medio ambiente” (Cal y Mayor, 2006, p. 293). Es decir que las medidas efectivas para la optimización serán aquellas que se expresen en función de las variables presentes en el caso de estudio, la tarea es elegir los valores para las variables que cumplan con el objetivo de mejoramiento. Esto se logra mediante modelos que pueden ser:

Modelos determinísticos: Son modelos donde los datos de entrada generan los mismos datos de salida, “ Esto es, solo ocurrirá un valor de la función objetivo para cualquier conjunto dado de valores de las variables de entrada” (Cal y Mayor, 2006, p. 293). Lo cual explica que estos modelos dan como resultado una solución única.

Modelos estocásticos: “Los modelos estocásticos están basados en la premisa de que cada conductor presenta características distintas, es por ello que se basa en distribuciones estadísticas por medio de componentes aleatorios de entrada que se asignan en cada simulación” (Flores, 2016, p. 7)., por ejemplo el software VISSIM presenta el número semilla que reproduce un valor aleatorio que sirve para determinar diversas características de los conductores del vehículo. Por

lo cual datos de entrada iguales no generaran los mismos de salida, ya que en cada simulación del modelo irán variando la componente aleatoria.

Simulación de Tránsito. En general los modelos de tránsito se clasifican en dos clases: microscópicos y macroscópicos.

Modelos microscópicos: Consideran los espaciamientos y las velocidades individuales de los vehículos con el fin de evaluar el desempeño del tráfico en un lugar determinado. En estos modelos se introducen características propias de los vehículos y sus movimientos. Cabe mencionar que aunque se estudie cada vehículo por individual si se relaciona con los otros modos. Este tipo de modelo es el que cumplirá la siguiente investigación y caso de estudio, donde se tendrán en cuenta las características propias de cada variable. (Cal y Mayor, 2006, p. 294).

Modelos macroscópicos: “Describen la operación vehicular en términos de sus variables de flujos, generalmente tomadas como promedios” (Cal y Mayor, 2006, p. 294).

2.4.5 Microsimulación-VISSIM. La microsimulación se encarga de estudiar el flujo vehicular en áreas pequeñas, pero con gran detalle, basándose en el comportamiento de los conductores de manera individual y su interacción con los otros para determinar el estado del tráfico en su escenario real. Estos modelos requieren ser calibrados para representar de manera real el lugar estudiado, para luego poder diagnosticar los problemas existentes y brindar mejoras en el desempeño del tránsito. Los resultados obtenidos se basan en estudios aleatorios y estadísticos, debido a la naturaleza estocástica de los modelos. (Flores, 2016)

2.4.6 Manual de señalización Vial 2015. La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada con miras a garantizar su seguridad, fluidez, orden y comodidad. En efecto, a través de la señalización se indica a los actores del tránsito la forma correcta y segura de circular

por las vías, evitar riesgos, facilitar la circulación y optimizar los tiempos de viaje. Es por ello que el Ministerio de Transportes estipula lo siguiente:

En desarrollo de las políticas de seguridad vial, en especial las adoptadas en el Plan Nacional de Seguridad Vial, y ante la necesidad de unificar los criterios de utilización de los diferentes dispositivos para la regulación del tránsito, adopta y pone a disposición del público este nuevo Manual de Señalización Vial de Colombia, que contiene los aspectos administrativos y técnicos, un material de consulta para los distintos actores del tránsito al momento de utilizar las vías públicas o privadas que están abiertas al público, entre ellas las autopistas, vías expresas, calles, carreteras, motorutas, ciclorrutas y vías peatonales del país. Constituye además un documento técnico obligatorio para las entidades responsables de la administración de la infraestructura vial y las autoridades de tránsito nacionales, departamentales, distritales y municipales, para los profesionales de la ingeniería vial, consultores, constructores, interventores y proveedores de materiales de señalización, así como para las entidades educativas que contemplan dentro de sus programas los temas aquí tratados como apoyo fundamental en la formación académica. (Ministerio de Transporte, 2015)

Propósitos del manual de señalización vial dispositivos uniformes para la regulación de tránsito en vías de Colombia: El propósito fundamental de este documento técnico es lograr, mediante el fiel cumplimiento de las normas que contiene, una completa uniformidad de la señalización vial en todo el territorio nacional. (Ministerio de Transporte, 2015)

Para ello, además de entregar las especificaciones de cada elemento de señalización, ya sean señales verticales u horizontales, semáforos, balizas u otros, se consignan los criterios técnicos que permiten conocer cuáles, cuándo, dónde y cómo éstas deben ser instaladas. (Ministerio de Transporte, 2015)

Lo anterior facilita sustancialmente el conocimiento de dichas normas por parte de los actores directos del tránsito y de los responsables de la proyección y construcción de elementos

de señalización, de su instalación y mantenimiento, disminuyendo así los riesgos de accidentes de tránsito. Con el fin de asegurar una amplia cobertura de cada uno de los temas que tienen relación con la señalización vial, y a la vez facilitar el acceso y uso de la información contiene a los diversos grupos de usuarios del mismo

2.5 Marco Legal

Dentro del marco de normatividad sobre tránsito y Transporte a continuación se presenta una breve descripción de las normas existentes en Colombia y la ciudad de Ocaña sobre el tema.

2.5.1 Normatividad Nacional. Según (Vargas Vargas, Rincón Villalba, & Gonzáles, 2013), dentro de la normativa existente se encuentran las siguientes:

Ley 769 del 2002: Código de tránsito.

Ley 1239 del 2007: Modificación al código nacional de tránsito.

Ley de 1383 del 2010: Modificación al código nacional de tránsito.

La ley 769 del 2002: Por la cual se expidió el Código Nacional de tránsito en el que definen las normas que:

Regulan la circulación de los peatones usuarios pasajeros conductores motociclistas ciclistas agente de tránsito y vehículos por las vías públicas o privadas que están abiertas al público o en las vías privadas que internamente circulen vehículos así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito. (*Art 1º ley 769 del 2002*).”

El código Nacional de tránsito sufrió una reforma por medio de las leyes 1239 del 2008 y 1383 del 2010, y sigue siendo la máxima Norma de regulación del tránsito en el país. Las autoridades de tránsito locales, como lo es el alcalde municipal de Ocaña, pueden establecer restricciones y decretos diferentes medidas aplicadas únicamente al ámbito de su jurisdicción, pero en ningún caso esta medida podrán ir en contravía del Código Nacional de Tránsito. Las disposiciones locales más conocidas por la ciudadanía son las referentes a las medidas restrictivas de la circulación, tanto para vehículos particulares como para servicio público.

Resolución 4100 del 2004 del Ministerio de Transporte. “Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre y automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional”. (Ministerio de Transporte, 2015)

Resolución 002888 de 2005 de Ministerio de Transporte “Por la cual se modifica parcialmente la resolución 4100 del 28 de septiembre de 2004”. (Ministerio de Transporte, 2015)

Resolución 1050 del 2004 del Ministerio de Transporte manual de señalización vial.

Ley 361 de 1997. Establece mecanismos de integración social para personas con limitación; en el caso que nos ocupa garantiza la accesibilidad igualitaria al tránsito y transporte a personas con movilidad reducida o algún tipo de discapacidad.

Ley 1287 del 2009. Adición a la ley 1997.

Resolución 19200 del 2002. Reglamenta el uso del cinturón de seguridad en los vehículos que circulan en el país.

De igual manera, se mencionará la normativa para el transporte dentro del territorio Nacional.

Ley 105 de 1993. “Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación del sector transporte y se dictan otras disposiciones”, la importancia de esta ley radica principalmente en la reglamentación del sector transporte en el país.

Ley 336 de 1996: Estatuto Nacional del Transporte. Esta ley unifica los principios y criterios que sirven de fundamento para la regulación y reglamentación del transporte público aéreo, marítimo, fluvial, férreo, masivo, terrestre y su operación en el territorio nacional de conformidad con ley 105 de 1993.

Decretos 170-176 del 2001. Reglamentación de las diferentes modalidades de transporte público terrestre automotor.

Decreto 3366 del 2003 del Ministerio de Transporte. Sanciones al transporte público terrestre automotor.

Resolución 2999 del 2003 del Ministerio de Transporte. Reglamenta el número de placa en costados y techo de vehículos de servicio público.

Resolución 909 del 2005 del Ministerio de Transporte. Adiciona la Resolución 2999 de 2003.

Resolución 4959 del 2006. Define los parámetros para determinar si una carga es extradimensionada o expresada y los requisitos para la obtención de permisos de circulación por vías concesionadas, nacionales, departamentales, distritales o municipales según sea el caso.

Resolución 4693 de 2009 del Ministerio de Transporte. Por la cual se dictan unas medidas para la celebración de contratos con empresas de servicio público de Transporte terrestre automotor Especial Medida adoptada para controlar el creciente fenómeno de prestación ilegal del servicio de transporte público terrestre especial.

2.5.2 Normatividad Local. Según (Alcaldía de Ocaña, 2018) proclama:

En Ocaña, mediante el Decreto municipal N°61 del 2014, restringir la circulación de vehículos no matriculados en el municipios de Ocaña, tipo automóvil, camperos, camionetas y microbuses particulares en el centro de la ciudad en el sector de San Francisco hasta conectar con la carrera 9, y desde el sector San Francisco por la calle 11 hasta el sector del martinete.

Mediante el decreto N°53 del 18 de marzo del 2014 se restringe el transporte de acompañante de sexo masculino mayor de 12 años en los vehículos tipo motocicleta, motor ciclo y cuatrimoto, en el área urbana del municipio de Ocaña, de lunes a jueves de 2:00 pm hasta las 5:00 am, y los días viernes y sábados, de 2:00 pm hasta las 11:00 pm.

Mediante el decreto N°179 del 2017 se restringe el transporte de parrillero de cualquier sexo en los días jueves de 6:00 am a 11:00 pm.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de investigación

La investigación tendrá un alcance cuantitativo descriptivo, de acuerdo a lo estipulado por (Fernández Collado & Baptista Lucio, 2010) describe:

El tipo de investigación cuantitativa resulta de la revisión de la literatura y de la perspectiva del estudio, depende de los objetivos del investigador para combinar los elementos en el estudio, a su vez es descriptiva pues considera el fenómeno estudiado y sus componentes, mide conceptos y definen las variables.

3.2 Población

La población del presente proyecto son las 33505 motocicletas y 8422 diferente a motos, con un total de 41.927 vehículos registrados en Ocaña hasta el año 2017 más los vehículos registrados en al año 2018, dato aún no consolidado por la secretaria de tránsito del municipio, junto con los vehículos registrados en otras ciudades o con matricula venezolana, usuarios de las vías de la ciudad Ocaña. Por medio de los resultados obtenidos en esta investigación, se mejorarán sus trayectos generando confort, seguridad y eficiencia. También se brindará a los profesionales y autoridades competentes del área una herramienta racional para garantizar la seguridad de los ciudadanos y la toma de decisiones que mejorarían en gran manera la organización y tráfico vehicular de la ciudad.

3.3 Muestra

Este estudio se realizará específicamente en el barrio Primero de Mayo de Ocaña, Norte de Santander, sobre la calle 3 con Cra 28, teniendo en cuenta todos los cruces de vías involucradas en el punto. La muestra se aplicará a los estudios de tránsito que se realizarán a vehículos con el volumen vehicular de la hora de máxima demanda que acceden al sector, arrojando valiosa información para la calibración de las variables y modelación de la situación actual y sus diferentes alternativas de mejoramiento.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Al ser esta investigación de carácter cuantitativo con alcance descriptivo, el método por el que se optará es la observación con técnicas experimentales, para realizar la caracterización de cada variable y su posterior calibración, mediante instrumentos como registros fotográficos y aforos vehiculares, peatonales, estudios de velocidades, entre otros. También para la caracterización física del punto de estudio se realizará un levantamiento topográfico; herramienta que nos será de gran utilidad para evaluar la infraestructura y capacidad del lugar. Al obtener esta información en campo luego se validará la información y mediante el software VISSIM se modelará la problemática actual de la intersección para luego modelar sus respectivas alternativas de mejoramiento, y así establecer la metodología para la creación del manual.

3.5 Análisis de información

La información obtenida en los aforos se analizará mediante estadística y graficas en Excel donde se observe los flujos vehiculares de acuerdo a las diferentes horas del día durante toda una semana, mostrando las características del caso de estudio. También el estudio de velocidades se estudiará con el percentil 50. Para la modelación del caso y las posibles alternativas de solución se utilizarán los datos obtenidos del levantamiento topográfico empleándose la herramienta AutoCAD 2D, SketchUp y el software PTV VISSIM.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Caracterizar físicamente la intersección ubicada en la calle 3 con carrera 28, barrio Primero de Mayo por medio de un levantamiento topográfico.

Para tener en cuenta la planimetría y altimetría a la hora de realizar la simulación de la intersección, se contrató al profesional Gerardo Quintero Quiroz, Topógrafo con Licencia Profesional No. 01-11220 del C.P.N.T. de Bogotá, que con el apoyo de José Luis Felizzola Arengas como Cadenero Primero, y William Andrés Murillo Quiroz como Cadenero Segundo, realizaron el estudio topográfico los días 1 y 2 del mes de Junio. Para la seguridad y comodidad del equipo de trabajo, se laboró de 7:00 am a 10:00 am y de 2:00 pm a 5:00 pm.

Para lograr una mayor cobertura y obtener información capciosa de manera rápida y económica, se utilizaron herramientas, como un Sistema de Posicionamiento Global GPS- Colector Juno 3B - marca Trimble, una estación total electrónica marca Topcon referencia GTS-239W, un prisma y herramienta menor (porra, machete, estacas, tornillos, pintura).

Para el desarrollo de la toma de puntos, se instaló la estación total electrónica en los puntos estratégicos definidos (deltas de apoyo D-1, D-2 y demás). En la Figura 3 se muestra el desarrollo del levantamiento topográfico.



Figura 3. Primera y cuarta estación del levantamiento topográfico.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

El total de puntos tomados para este proyecto topográfico fue de 355 y montaron 11 deltas en total. Desde el D-1 se radiaron los detalles de mayor importancia tales como paramentos existentes, borde de vía y señales de tránsito. En la Tabla 1 se muestra el cuadro de deltas.

Tabla 1

Cuadro de deltas

CUADRO DE COORDENADAS DELTAS.				
Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
1	1403966,999	1079228,002	1185,997	D-1
2	1403983,941	1079187,060	1186,571	D-2
85	1403995,022	1079157,510	1187,094	D-3
136	1404008,541	1079137,337	1187,265	D-4
137	1404012,923	1079091,368	1191,142	D-5
153	1404031,088	1079071,901	1192,366	D-7
203	1404184,623	1079252,668	1181,836	D-8
204	1403961,536	1079098,602	1190,567	D-9
272	1403980,984	1078987,559	1202,306	D-10
288	1404035,951	1079003,400	1204,169	D-11

Nota. En esta tabla se muestra las coordenadas de los deltas. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Concluido el trabajo de campo, se procedió a transferir todos los datos recolectados de la estación total al computador, mediante un archivo TXT, utilizando el programa TOPCON LINK y así obtener las coordenadas planas gauss, en una hoja de cálculo Excel, archivo CSV o archivo TXT.

Posteriormente se importaron al programa AUTOCAD LAND, mediante un proyecto y se realizó la triangulación, generando un modelo digital de la superficie del terreno en la cual incluye detalles que se expresan en los planos.

Cada punto cuenta con un número, coordenada norte, coordenada este, cota y descripción; que permite identificarlo fácilmente dentro de la nube de puntos en el plano topográfico.

Concluido los cálculos respectivos y depuración de datos, se realizó el plano topográfico, para posteriormente exportarlos al paquete AUTO CAD Convencional, donde se diseñó el plano en planta con sus respectivos detalles de importancia a escala adecuada, tal y como se detalla en la Figura 4.

De igual manera, en la Figura 6 se observa la localización de la segunda intersección, donde convergen las calles 3,4 y 5 con la carrera 28.

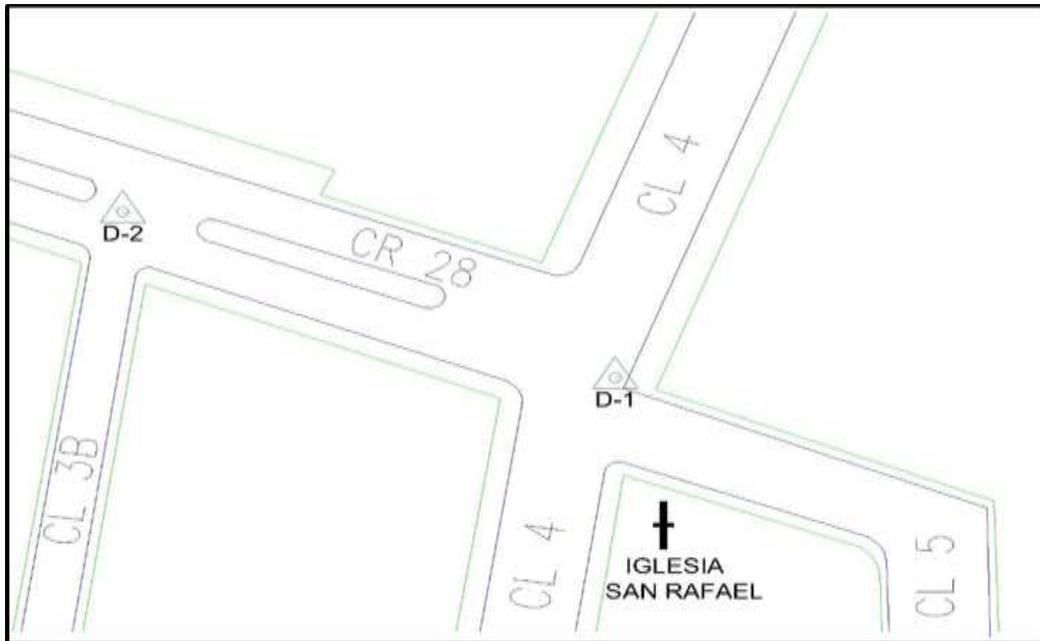


Figura 6. Plano segunda intersección.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Además de los datos mencionados anteriormente, se detalló las características topográficas de la intersección, donde se estudió el ancho de las calles, para proporcionar estos datos como base a la realización de las vías en el software. En la Tabla 2 se detallan cada uno de las dimensiones de las vías.

Tabla 2*Anchos de calzada y carril*

ACCESO	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)
1	10,7	4,4
2	8.0	4
3	4.9	2,45
4	5.4	2.7
5	6.7	3.35
6	6.6	3.3
7	7.8	3.9
8	7.0	3.5
9	7.85	3.92

Nota. En esta tabla se muestra cada una de las dimensiones de la calzada y su ancho de carril. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

4.2 Identificar el flujo vehicular mediante los estudios de tránsito pertinentes, en el área de estudio.

La obtención de la información de los flujos vehiculares, se realizó por medio de la instalación de dos cámaras de seguridad que grabaron las 24 horas de lunes a domingo (del 21 al 28 de mayo del 2018), el objetivo era encontrar la hora pico de máxima demanda para la semana en estudio. Las cámaras se ubicaron en un poste con un ángulo que permitía captar los flujos vehiculares en la intersección de la calle 3 con carrera 28 (Kiosco Primero de Mayo) y la intersección de la calle 4 con carrera 28 (Iglesia San Rafael), que denominaremos intersección 1 y 2 respectivamente.

En la Figuras 7 se puede observar el punto donde se instalaron las cámaras de seguridad por parte de una empresa particular, una cámara tenía la vista de la intersección 1 y la otra de la 2.



Figura 7. Ubicación de las cámaras de seguridad.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Los registros de las cámaras se guardaban en el disco duro de un DVR. Los videos no se pueden reproducir directamente en un procesador de información, sino en un proyector de imágenes como un monitor o un televisor con entrada HDMI, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Monitor y DVR.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Para poder transformar los videos en información fue necesario contar cada de uno los movimientos para cada tipo de vehículo. Los movimientos se clasificaron por accesos para cada una de las intersecciones, como se puede evidenciar en la Figura 9.



Figura 9. Movimientos intersección 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Se diseñó una nomenclatura para la facilidad en la comprensión del estudio de los movimientos que se podían realizar en la intersección, la cual consiste en enumerar los accesos de la misma para luego nombrar el movimiento según el punto de salida del vehículo, el cual define la primera cifra de la nomenclatura, y la siguiente cifra está definida por el número de acceso al que entra el vehículo. Estas cifras están separadas por un punto “.”, el cual divide el punto de salida del punto de entrada. Por ejemplo en la Figura 10 se muestra el movimiento con etiqueta 2.1 donde se explica que el vehículo sale del acceso 2 y entra al acceso 1.



Figura 10. Movimiento 2.1

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

De esta manera se realizaron todas las combinaciones generadas en la zona. En la Tabla 3 se muestra los movimientos, sus puntos de entrada y salida, y la dirección de las calles según los accesos.

Tabla 3

Tabla de movimientos vehiculares intersección 1

INTERSECCION 1		
MOVIMIENTO	PUNTO DE SALIDA	PUNTO DE ENTRADA
1.2	Carrera 28 - Iglesia	Calle 3 – avenida
1.3	Carrera 28 - Iglesia	calle 28a
1.4	Carrera 28 - Iglesia	Carrera 28 - Chiquilladas
1.5	Carrera 28 - Iglesia	Calle 2f
1.6	Carrera 28 - Iglesia	Calle 3 - Camilo Torres
2.1	Calle 3 - avenida	Carrera 28 - Iglesia
2.3	Calle 3 - avenida	calle 28a
2.4	Calle 3 - avenida	Carrera 28 - Chiquilladas
2.5	Calle 3 - avenida	Calle 2f
2.6	Calle 3 - avenida	Calle 3 - Camilo Torres
3.1	Calle 28a	Carrera 28 - Iglesia
3.2	Calle 28a	Calle 3 - avenida

Continuación Tabla 4

3.4	Calle 28a	Carrera 28 - Chiquilladas
3.5	Calle 28a	Calle 2f
3.6	Calle 28a	Calle 3 - Camilo Torres
4.1	Carrera 28 - Chiquilladas	Carrera 28 - Iglesia
4.2	Carrera 28 - Chiquilladas	Calle 3 - avenida
4.3	Carrera 28 - Chiquilladas	calle 28a
4.5	Carrera 28 - Chiquilladas	Calle 2f
4.6	Carrera 28 - Chiquilladas	Calle 3 - Camilo Torres
5.1	Calle 2f	Carrera 28 - Iglesia
5.2	Calle 2f	Calle 3 - avenida
5.3	Calle 2f	calle 28a
5.4	Calle 2f	Carrera 28 - Chiquilladas
5.6	Calle 2f	Calle 3 - Camilo Torres
6.1	Calle 3 - Camilo Torres	Carrera 28 - Iglesia
6.2	Calle 3 - Camilo Torres	Calle 3 - avenida
6.3	Calle 3 - Camilo Torres	calle 28a
6.4	Calle 3 - Camilo Torres	Carrera 28 - Chiquilladas
6.5	Calle 3 - Camilo Torres	Calle 2f

Nota. En esta tabla se describen cada uno de los movimientos y puntos de entrada y salida. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Del mismo modo, se realizó la nomenclatura por movimientos para la intersección 2, como se muestra en la Figura 11.

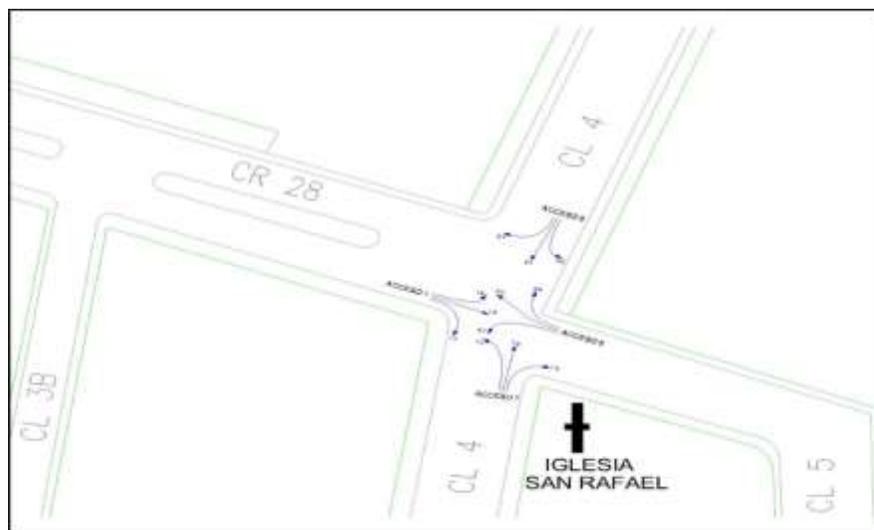


Figura 11. Movimientos intersección 2.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Posteriormente se realizó el desglose para cada acción, tal y como se hizo para la primera intersección. En la Tabla 4 se muestra los detalles para cada movimiento de la segunda intersección.

Tabla 4

Tabla de movimientos vehiculares intersección 2

INTERSECCION 2		
MOVIMIENTO	PUNTO DE SALIDA	PUNTO DE ENTRADA
1.7	Carrera 28 - Kiosco	Calle 4 - Marabel
1.8	Carrera 28 - Kiosco	Calle 5
1.9	Carrera 28 - Kiosco	Calle 4 - Primero de mayo
7.1	Calle 4 - Marabel	Carrera 28 - Kiosco
7.8	Calle 4 - Marabel	Calle 5
7.9	Calle 4 - Marabel	Calle 4 - Primero de mayo
8.1	Calle 5	Carrera 28 - Kiosco
8.7	Calle 5	Calle 4 - Marabel
8.9	Calle 5	Calle 4 - Primero de mayo
9.1	Calle 4 - Primero de mayo	Carrera 28 - Kiosco
9.7	Calle 4 - Primero de mayo	Calle 4 - Marabel
9.8	Calle 4 - Primero de mayo	Calle 5

Nota. En esta tabla se describen cada uno de los movimientos y puntos de entrada y salida. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

El procesamiento de la información contempló un periodo aproximado de un mes, pues era necesario observar todos los días, los flujos en las 24 horas del día de los videos. Se apoyó el conteo con una aplicación de celular llamada U-Count Professional “Aforos de Tráfico”, cuya interfaz se muestra en la Figura 12; que permitió consolidar la información y obtener el total de vehículos por movimientos al ingresar por parte de los autores cada uno de los movimientos realizados por los vehículos.



Figura 12. App U-Count Professional “Aforos de Tráfico”.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

La información fue ingresada a unos formatos de los 7 días estudiados, véase Apéndice B. Donde se registró el flujo vehicular en intervalos de 15 minutos durante todo el día por movimiento, mediante el formato mostrado en la Figura 13.

 AFOROS VEHICULARES								
FECHA	Lunes 21 de Mayo de 2018			ESTACION	Intersección 1			
CONDICIONES CLIMATICAS				MOVIMIENTO	2,1	1		
AFORADOR	Laura Juliana Contreras Bohorquez-Johan Emiro Garzón Barbosa							
COORDINADOR	Esp. Jennifer Álvarez Prada							
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLET A
6:00	12	9	9				33	3
6:15								

Figura 13. Encabezado del formato de Aforos por día intersección 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Nota. Dentro de la categoría de buses se contó buses escolares, buses particulares y buses de transporte público, pues para las simulaciones se necesitaban la cantidad de vehículos con estas características físicas que transitaban por la intersección, no siendo necesario discriminar por aparte las rutas de transporte público pues no se estudiaran cambios en el sistema de transporte.

Resultados de la información de campo. En las siguientes gráficas (Figura 14 hasta la Figura 20) se muestran los volúmenes de tránsito vehicular observados en la intersección 1 en periodos de 15 minutos por total de movimientos realizados en 24 horas con el fin de observar el comportamiento de flujo vehicular por día en el punto de estudio.

21 de Mayo del 2018.

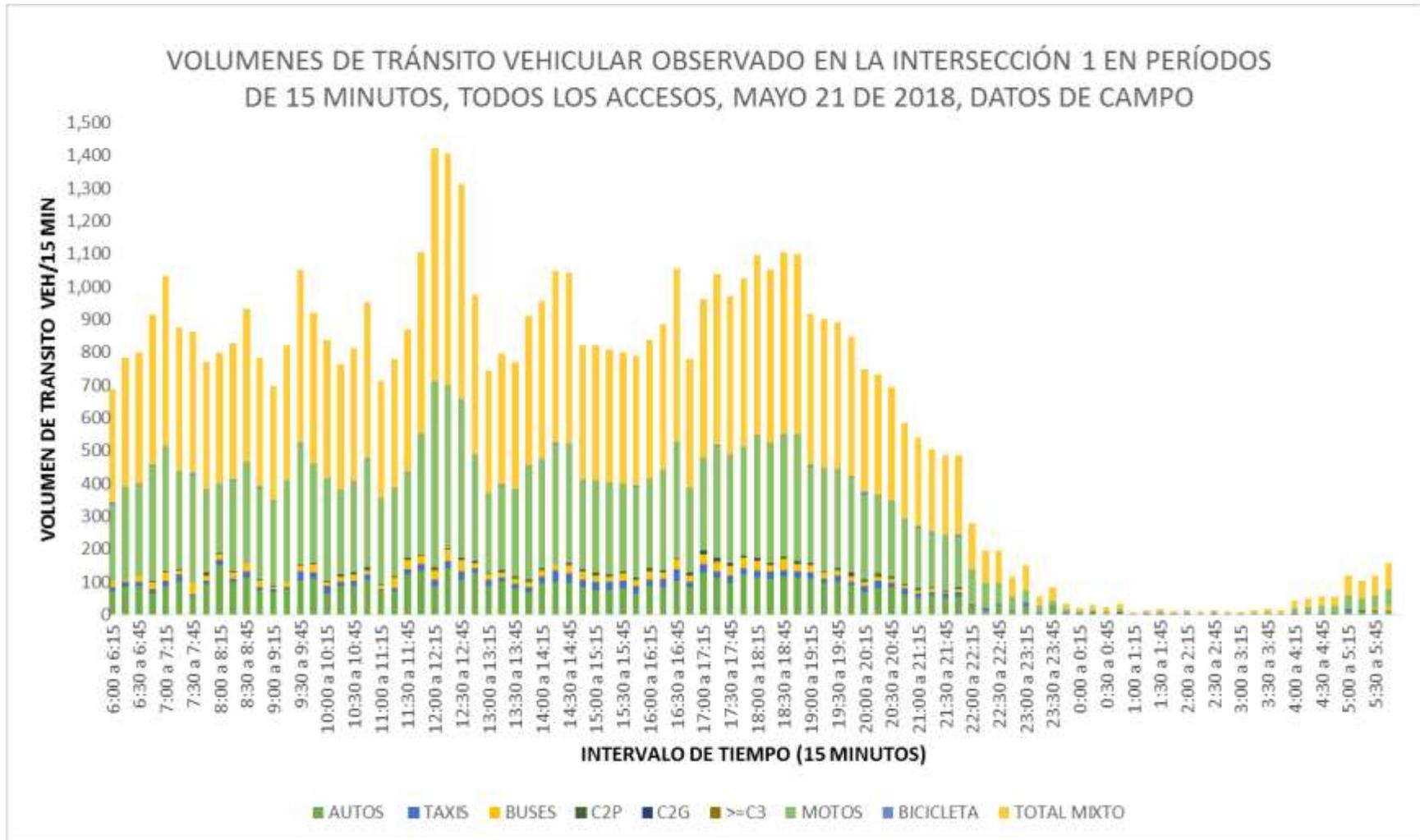


Figura 14. Volumen vehicular lunes 21 Mayo del 2018.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

22 de Mayo del 2018,

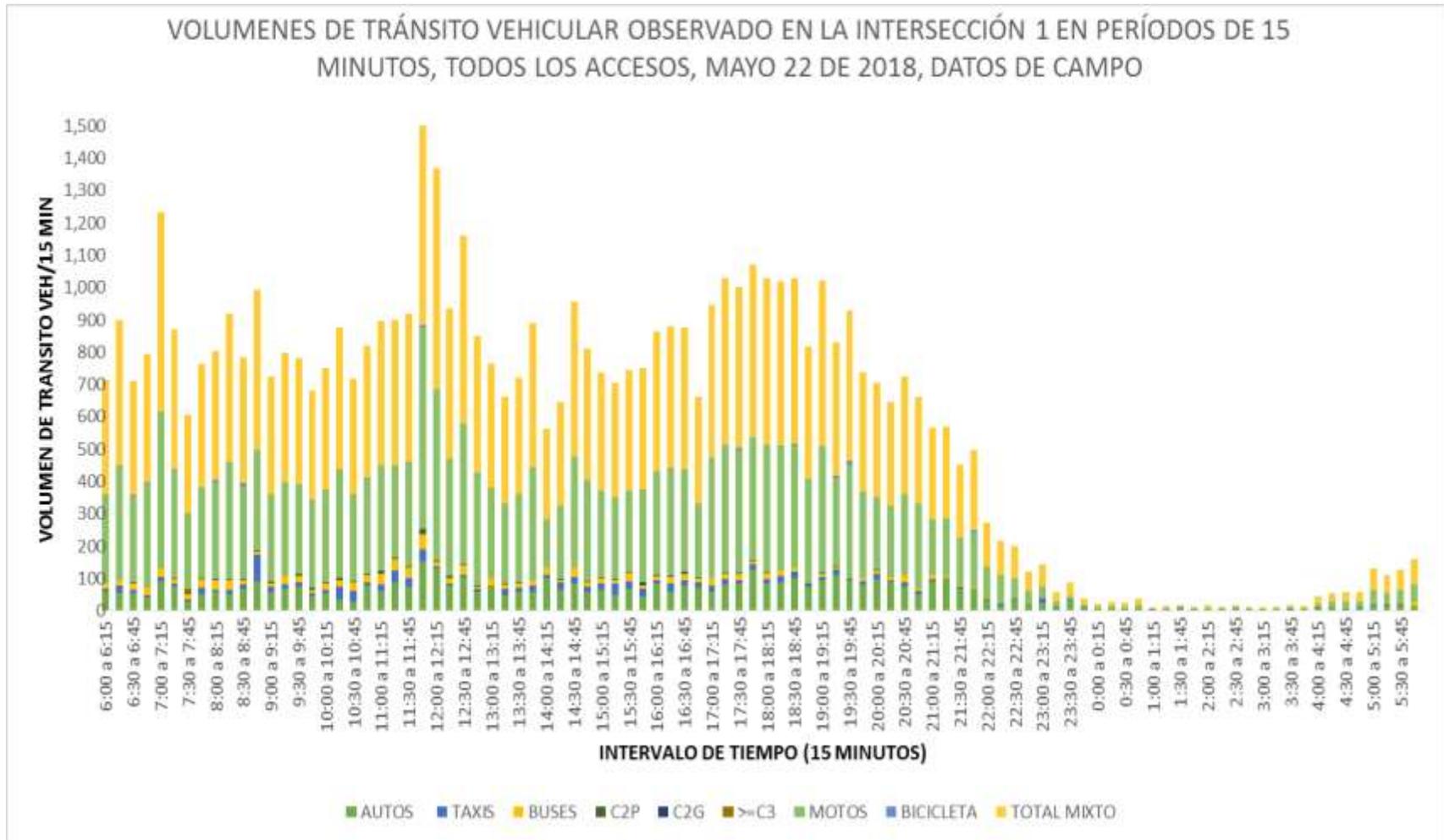


Figura 15. Volumen vehicular martes 22 Mayo del 2018.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

23 de Mayo del 2018.

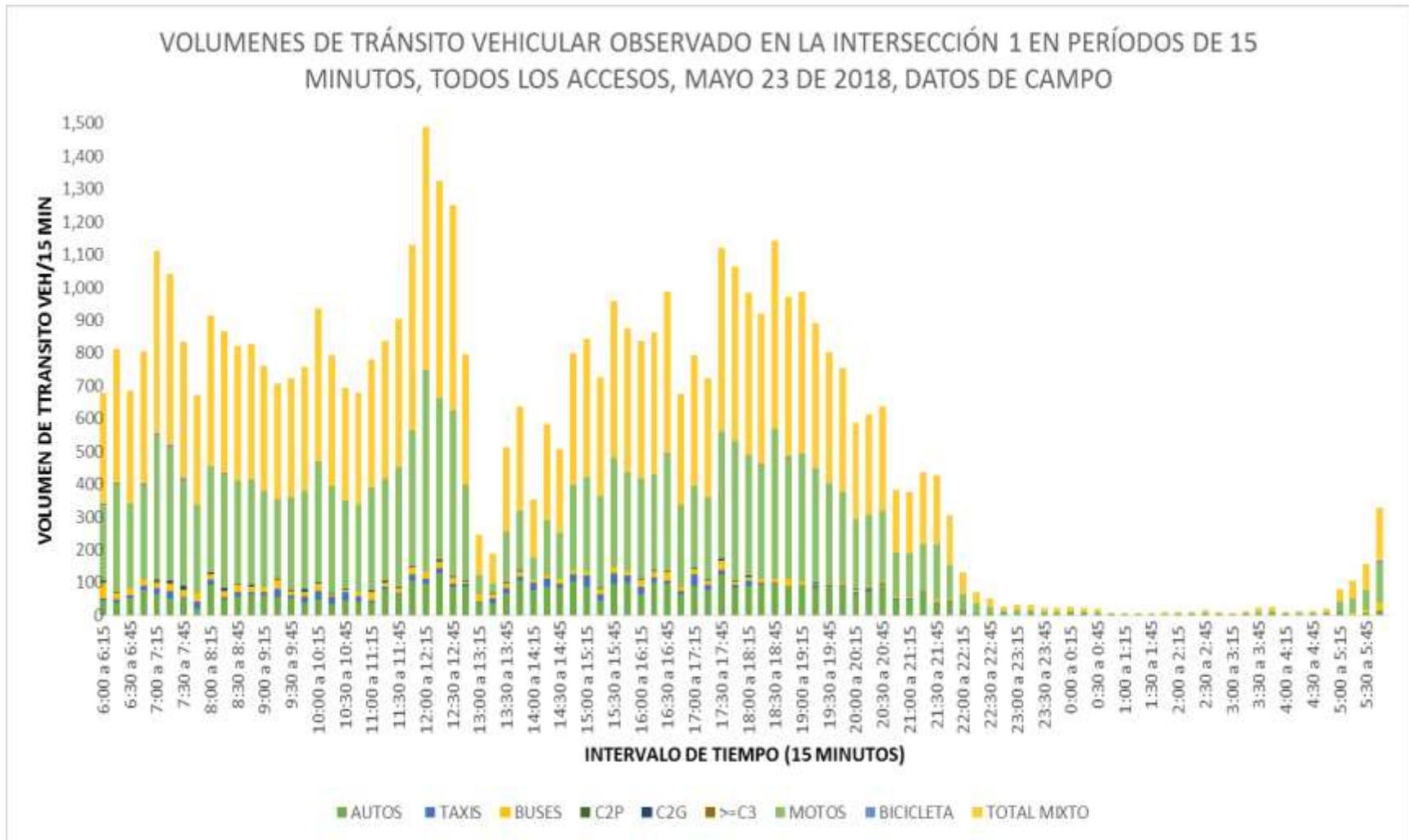


Figura 16. Volumen vehicular miércoles 23 Mayo del 2018.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

24 de Mayo del 2018.

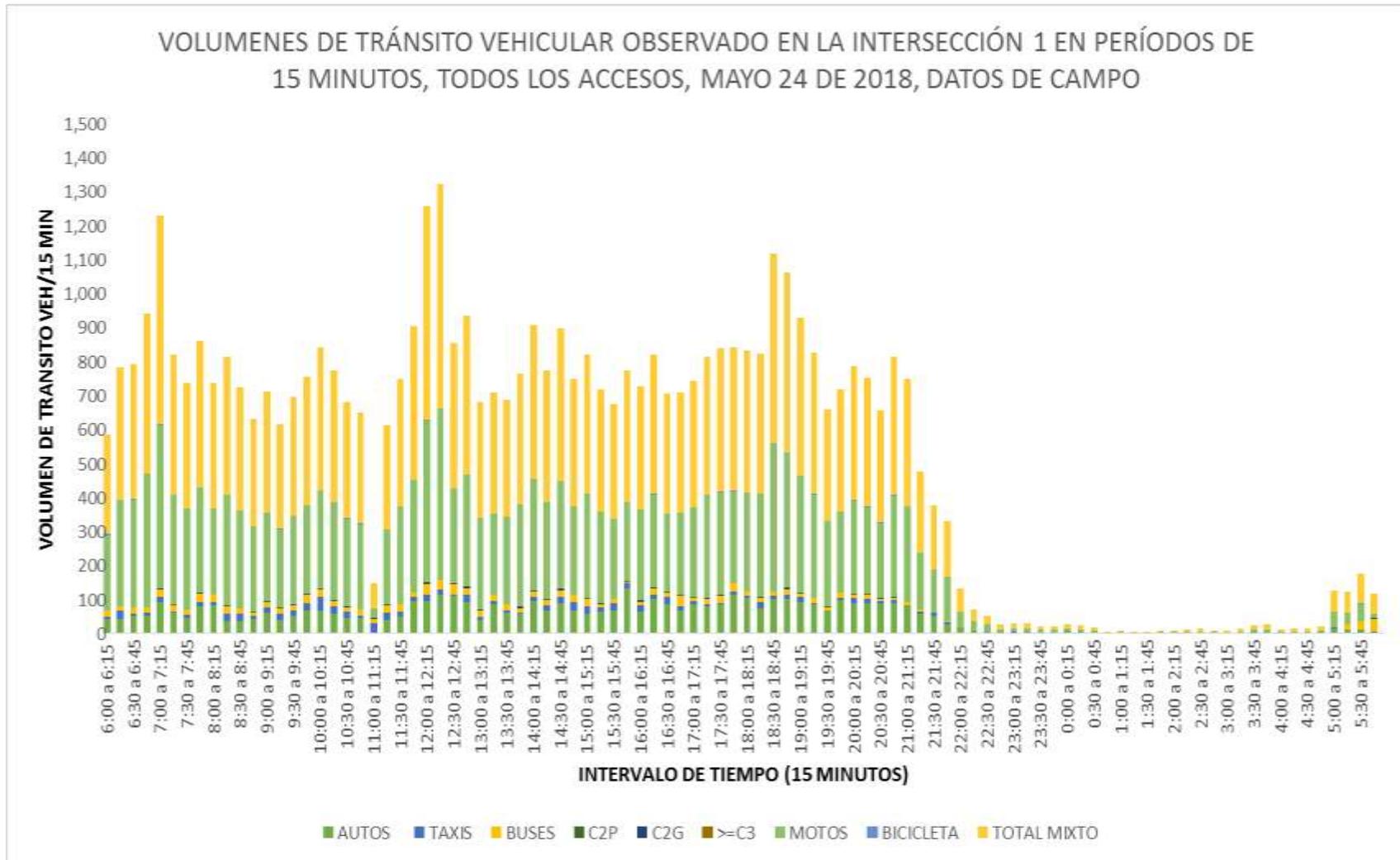


Figura 17. Volumen vehicular jueves 24 de Mayo del 2018.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

25 de Mayo del 2018.

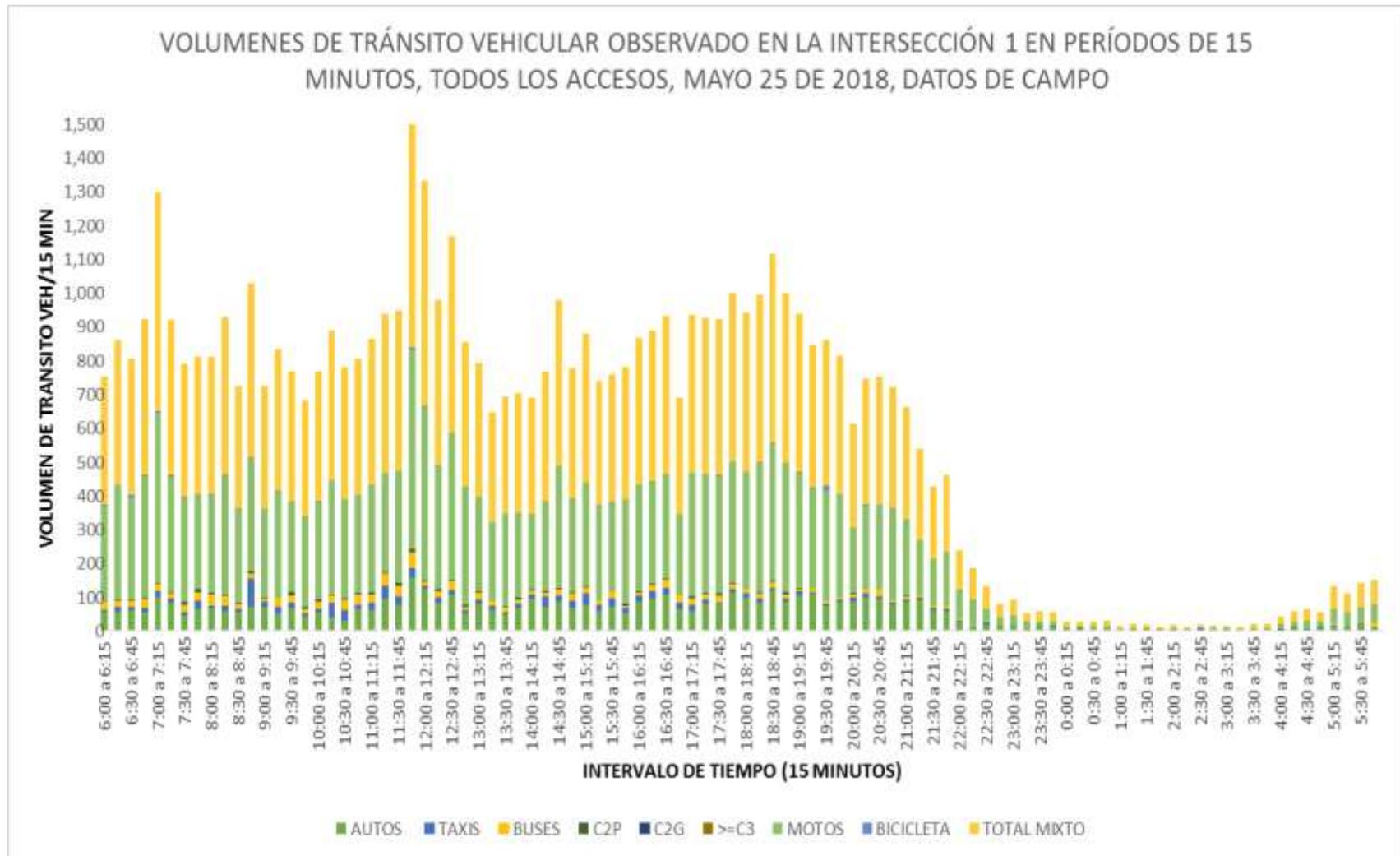


Figura 18. Volumen vehicular viernes 25 de Mayo del 2018.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

26 de Mayo del 2018.

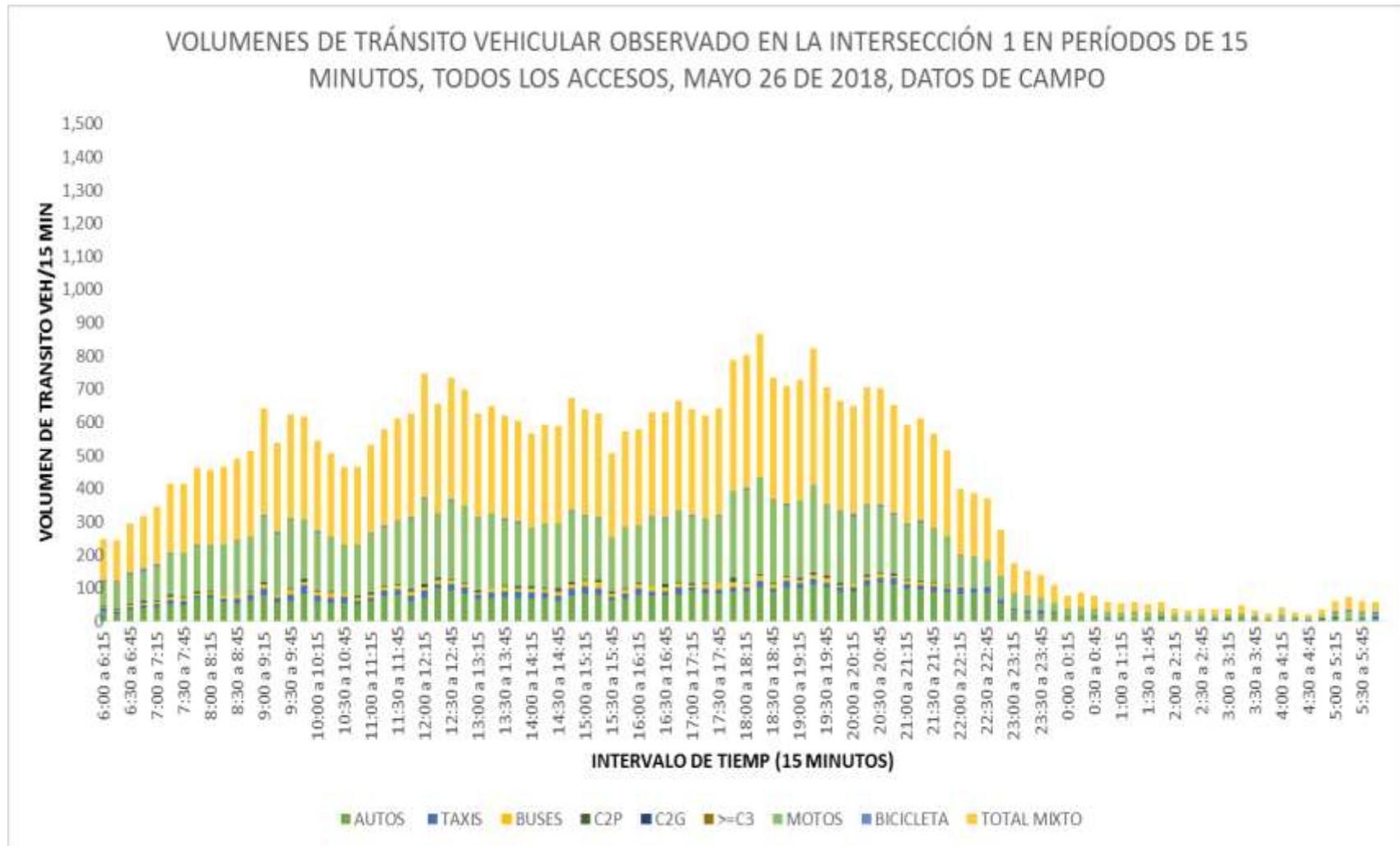


Figura 19. Volumen vehicular sábado 26 de Mayo del 2018.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

27 de Mayo del 2018.

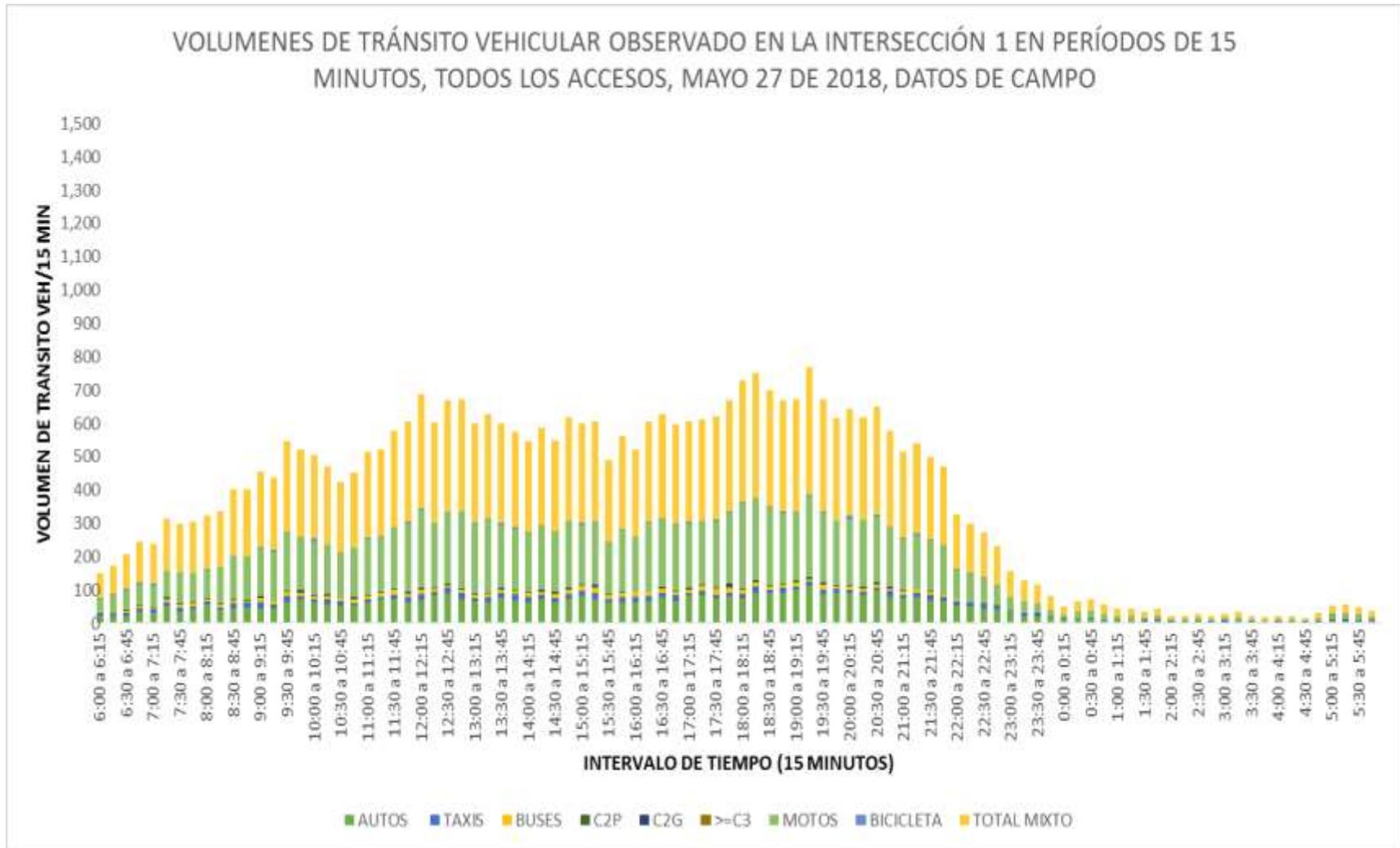


Figura 20. Volumen vehicular domingo 27 de Mayo del 2018.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Como se puede observar el comportamiento del volumen vehicular durante todos los días de la semana son muy parecidos, analizándose en todos que la hora pico de demanda máxima es la comprendida entre las 11:45 am y las 12:45 pm (Ver Figura 21 hasta la Figura 27), por tanto esta será la hora que se simulará en el software. A continuación se mostrará el volumen horario de la hora seleccionada por movimientos totales mixtos. (Véase Apéndice C)

MOVIMIENTO TOTAL LUNES										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	138	17	25	3	3	0	368	0	554	
12:00										
12:00	90	19	28	9	1	0	561	3	711	
12:15										
12:15	142	24	33	2	3	0	498	1	703	
12:30										
12:30	109	24	36	3	2	0	481	2	657	2.625
12:45										
TOTALES	479	84	122	17	9	0	1.908	6	2.625	
COMP. VEH.	18%	3%	5%	1%	0%	0%	73%	0%	100%	
									FHP	0,92299578

Figura 21. Volumen horario lunes.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOVIMIENTO TOTAL MARTES										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	151	38	45	13	3	0	625	6	881	
12:00										
12:00	130	6	13	3	2	0	530	0	684	
12:15										
12:15	76	7	17	3	3	0	362	0	468	
12:30										
12:30	103	6	31	2	0	0	437	0	579	2.612
12:45										
TOTALES	460	57	106	21	8	0	1.954	6	2.612	
COMP. VEH.	18%	2%	4%	1%	0%	0%	75%	0%	100%	
									FHP	0,74120318

Figura 22. Volumen horario martes.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOVIMIENTO TOTAL MIÉRCOLES										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	107	19	22	0	2	0	414	1	565	
12:00										
12:00	98	13	25	0	0	0	607	2	745	
12:15										
12:15	127	18	18	4	3	0	493	0	663	
12:30										
12:30	88	9	19	1	2	0	507	0	626	2.599
12:45										
TOTALES	420	59	84	5	7	0	2.021	3	2.599	
COMP. VEH.	16%	2%	3%	0%	0%	0%	78%	0%	100%	
									FHP	0,87214765

Figura 23. Volumen horario miércoles.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOVIMIENTO TOTAL JUEVES										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	97	12	12	0	0	0	331	0	452	
12:00										
12:00	97	18	31	3	2	0	476	2	629	
12:15										
12:15	115	15	27	1	0	0	504	0	662	
12:30										
12:30	111	3	30	0	3	0	279	2	428	2.171
12:45										
TOTALES	420	48	100	4	5	0	1.590	4	2.171	
COMP. VEH.	19%	2%	5%	0%	0%	0%	73%	0%	100%	
									FHP	0,81986405

Figura 24. Volumen horario jueves.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOVIMIENTO TOTAL VIERNES										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	159	28	44	8	3	0	591	5	838	
12:00										
12:00	126	6	14	1	2	0	515	2	666	
12:15										
12:15	84	14	18	3	3	0	364	3	489	
12:30										
12:30	107	12	29	3	0	0	431	2	584	2.577
12:45										
TOTALES	476	60	105	15	8	0	1.901	12	2.577	
COMP. VEH.	18%	2%	4%	1%	0%	0%	74%	0%	100%	
									FHP	0,76879475

Figura 25. Volumen horario viernes.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOVIMIENTO TOTAL SÁBADO										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	60	16	15	3	3	0	210	6	313	
12:00										
12:00	72	21	11	6	1	0	260	2	373	
12:15										
12:15	99	13	13	3	2	0	196	2	328	
12:30										
12:30	94	17	14	4	0	0	234	4	367	1.381
12:45										
TOTALES	325	67	53	16	6	0	900	14	1.381	
COMP. VEH.	24%	5%	4%	1%	0%	0%	65%	1%	100%	
									FHP	0,92560322

Figura 26. Volumen horario sábado.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOVIMIENTO TOTAL DOMINGO										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	61	16	11	3	3	0	202	6	302	
12:00										
12:00	67	21	11	6	1	0	235	2	343	
12:15										
12:15	82	10	10	2	2	0	193	2	301	
12:30										
12:30	87	17	9	4	0	0	212	4	333	1.279
12:45										
TOTALES	297	64	41	15	6	0	842	14	1.279	
COMP. VEH.	23%	5%	3%	1%	0%	0%	66%	1%	100%	
									FHP	0,93221574

Figura 27. Volumen horario domingo.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Para cada día se estudió el factor de hora pico que es la relación entre la cuarta parte del volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo (q_{\max}), que se presenta en un periodo dado dentro de dicha hora

$$FHP = \frac{VHMD}{q_{\max} * 4}$$

El factor de hora pico es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Si este valor es igual a 1 significa uniformidad, en cambio valores muy pequeños indicaran concentraciones de flujos máximos.

Con el análisis de información de los datos anteriores se concluyó que el volumen horario mayor fue el del día LUNES, por lo tanto, con los flujos de este mismo se modeló en el software, para esto era necesario sumar los movimientos totales mixtos por acceso y determinar el porcentaje de decisión para cada movimiento (ruta) como se muestra en las Figuras 28 y 30.

ACCESO 1										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	77	7	6				114		204	
12:00										
12:00	39	7	4	2			132		184	
12:15										
12:15	37	6	11		1		109		164	
12:30										
12:30	30	4	13		1		138		186	738
12:45										
TOTALES	183	24	34	2	2	0	493	0	738	
COMP. VEH.	25%	3%	5%	0%	0%	0%	67%	0%	100%	

Figura 28. Volumen horario acceso 1 del día lunes.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOV 1.2										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	71	5	6				93		175	
12:00										
12:00	32	7	4	2			110		155	
12:15										
12:15	34	6	11		1		91		143	
12:30										
12:30	23	4	12		1		118		158	631
12:45										
TOTALES	160	22	33	2	2	0	412	0	631	
COMP. VEH.	25%	3%	5%	0%	0%	0%	65%	0%	100%	
PORCENTAJE DE DECISION										85,50%

Figura 29. Porcentaje de usuarios que realizaron el movimiento 1.2 (ruta) en el acceso.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

En la Figura 30 podemos observar la composición vehicular por tipo de vehículo de cada movimiento, donde composición vehicular es igual a:

$$\frac{\text{volumen total tipo de vehiculo}}{\text{volumen total mixto}}$$

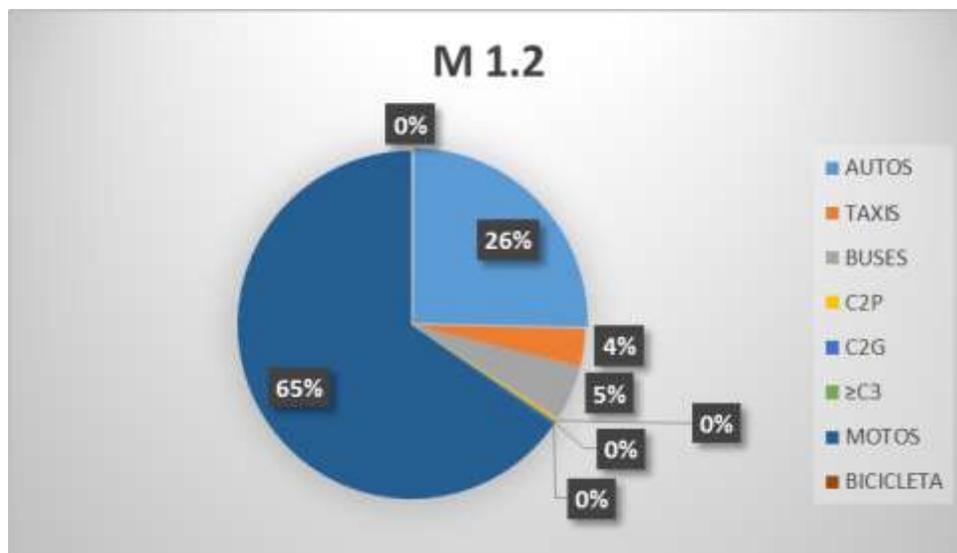


Figura 30. Composición vehicular, movimiento 1.2.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

De este mismo modo se realiza para todos los movimientos (rutas) realizados en el total de accesos en la intersección, véase Apéndice D.

Fue necesario estudiar la intersección 2 (iglesia San Rafael) para obtener el porcentaje de decisión de los usuarios que entraban al acceso 1, pues la vía de dicho acceso (Cra 28) incide de gran manera en el flujo vehicular que recibe la intersección 1; este análisis se efectuó con el fin de contemplar un desvío de este flujo hacia la calle 4 en dirección a la avenida para desembotellar el flujo vehicular en la intersección de la cl 3 con Cra 28 (kiosco). Estos aforos se

realizaron los mismos 7 días solo en las horas pico (véase Apéndice E), las cuales fueron: 6:00 am- 7:00 am, 11:45 am- 12:45pm y 5:30 pm- 6:45 pm.

En la Figura 31 se muestra el encabezado del formato empleado para los aforos vehiculares.

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Ocaña - Colombia</small> <small>Vigada Mineducación</small>										AFOROS VEHICULARES				
FECHA	Domingo 28 de Mayo				ESTACION			Intersección 2						
CONDICIONES CLIMATICAS				MOVIMIENTO			7.1	1						
AFORADOR	Laura Juliana Contreras Bohorquez-Johan Emiro Garzón Barbosa													
COORDINADOR	Esp. Jennifer Álvarez Prada													
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLET A						

Figura 31. Encabezado del formato de Aforos por día intersección 2.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Llegando a la conclusión que un alto porcentaje de decisión de los movimientos en la intersección 2 entran al acceso 1 como se muestra en las Figuras 32 hasta la Figura 34.

MOV 7.1										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	19	5	4		2		93	4	127	
12:00										
12:00	22	4	4	2			113		145	
12:15										
12:15	21	5	3	1	1		139	3	173	
12:30										
12:30	17	1	6	1			120		145	590
12:45										
TOTALES	79	15	17	4	3	0	465	7	590	
COMP. VEH.	13,39%	2,54%	2,88%	0,68%	0,51%	0,00%	78,81%	1,19%	100%	
									PORCENTAJE DE DECISION	86,13%

Figura 32. Porcentaje de decisión del acceso 7 que entra al acceso 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOV 8.1										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45	7						21	3	31	
12:00										
12:00	11						24		35	
12:15										
12:15	12		4				32		48	
12:30										
12:30	9						23		32	146
12:45										
TOTALES	39	0	4	0	0	0	100	3	146	
COMP. VEH.	26,71%	0,00%	2,74%	0,00%	0,00%	0,00%	68,49%	2,05%	100%	
PORCENTAJE DE DECISION										95,42%

Figura 33. Porcentaje de decisión del acceso 8 que entra al acceso 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

MOV 9.1										
VEHIC HORA	AUTOS	TAXIS	BUSES	C2P	C2G	≥C3	MOTOS	BICICLETA	TOTAL MIXTO	VOL. HORARIO
11:45									0	
12:00	2								2	
12:15										
12:15									0	
12:30										
12:30									0	2
12:45										
TOTALES	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
COMP. VEH.	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%	
PORCENTAJE DE DECISION										18,18%

Figura 34. Porcentaje de decisión del acceso 9 que entra al acceso 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Estudio de velocidades. Igual de importante que el volumen vehicular del sector los son las velocidades, para esto se estudiaron dos tipos y así lograr una mayor calibración del modelo. La primera de estas fue la velocidad de red.

Velocidad de red. Se estudió esta variable tomando un punto de referencia inicial y un punto final por acceso con una distancia de 100 m, como se muestra en la Figura 35.



Figura 35. Puntos de referencia para estudio de velocidades de red.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Los sentidos que se utilizaron para registrar la información en los formatos se basaron en referencias locales, mostradas en la Figura 36.

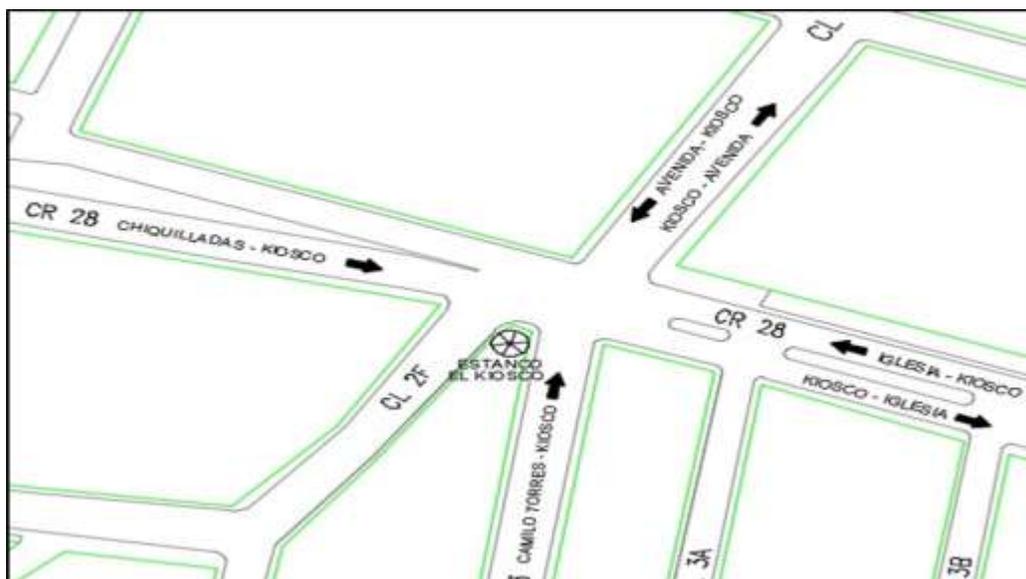


Figura 36. Sentidos de velocidades de red.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Se tomó el tiempo de viaje entre los dos puntos de referencia por acceso para determinar la velocidad que llevaban antes de entrar a la intersección 1 (velocidad de red). Se obtuvieron 50 registros por tipo de vehículo. Para esto se utilizó una App llamada Voz!, mostrado en la Figura 37, Cronometro y temporizador la cual acumulaba en su sistema los tiempos tomados permitiendo exportar directamente la información a Excel.



Figura 37. App voz! Cronometro y temporizador.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

La información fue registrada en formatos por tipo de vehículo, como el mostrado en la Figura 38.

Universidad Francisco de Paula Santander		ESTUDIO DE VELOCIDADES PUNTUALES			
CONDICIONES CLIMATICAS		SENTIDO	IGLESIA-KIOSKO		
AFORADOR		TIPO		AUTOS	
Laura Juliana Contreras Bolívar-Johan Emiro Garzón Barboza		Esp. Jennifer Álvarez Prada		LONGITUD [m]	100
Nº	LECTURA EN [s]	VELOCIDAD [m/s]	VELOCIDAD [km/h]		

Figura 38. Encabezado de formatos de estudio de velocidades.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Posteriormente con el percentil 50 se obtuvo la velocidad promedio con la cual se modelará en el software la velocidad promedio de red. Esta información fue organizada en formatos de los accesos estudiados, véase Apéndice G.

Para determinar si los datos son representativos y la muestra es suficiente se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{kS}{e} \right)^2$$

Dónde:

K: Constante Z

S: Desviación estándar

e: Error permitido en la estimación de la velocidad media de todo el tránsito

Para un nivel de confianza del 95%, el valor de la constante k es de 1,96 y el error máximo permitido es de 2.0km/h. (Ministerio de transporte, 2010)

En la Tabla 5 se muestra el análisis de velocidad teniendo en cuenta los valores estadísticos.

Tabla 5*Análisis de velocidad de red acceso 1 (avenida-kiosco)*

		Estadísticos			
		AVKIOS MOTOS	AVKIOS AUTOS	AVKIOS BUSES	AVKIOS CAMIONES
N	Válido	50	50	50	50
	Perdidos	0	0	0	0
	Media	31,3272	22,554	21,679	22,1026
	Error estándar de la media	0,72697	0,679	0,46977	0,39677
	Mediana	31,29	21,64	22,44	22,26
	Moda	21,72 ^a	15,06 ^a	22,44	20,31 ^a
	Desv. Desviación	5,14042	4,80127	3,32174	2,80561
	Varianza	26,424	23,052	11,034	7,871
	Rango	20,53	20,34	16,5	11,01
	Mínimo	21,72	15,06	12,53	16,27
	Máximo	42,25	35,4	29,03	27,28
	Suma	1566,36	1127,7	1083,95	1105,13
Percentiles	15	25,726	17,5225	18,15	19,5335
	50	31,29	21,64	22,44	22,26
	85	36,604	28,0345	25,0435	25,1505

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

	AVKIOS MOTOS	AVKIOS AUTOS	AVKIOS BUSES	AVKIOS CAMIONES
Desviación (S)	5,14	4,8	3,32	2,81
k	1,96	1,96	1,96	1,96
e	2	2	2	2
Número Mínimo Observaciones	25,38	22,14	10,6	7,56

Nota. En esta tabla se calcularon cada uno de los parámetros estadísticos relacionados al proyecto. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

La segunda variable estudiada fue la velocidad de cruce.

Velocidad de cruce en la intersección. Igual que para la velocidad de red se tomaron dos puntos de referencia entre la intersección registrándose por movimiento el tiempo de viaje, siendo el intervalo que demora un vehículo desde que entra a la intersección hasta que sale de ella, este estudio se discrimino para cada tipo de vehículo con el fin de una mayor calibración en

el modelo (véase Apéndice H para todos los movimientos y accesos). En la Figura 39 se muestra los datos obtenidos para cada tipo de vehículo.

Distancia de cruce (m)	17	MOTOS	V(km/h)	AUTOS	V(km/h)	BUSES	V(km/h)	CAMIONES	V(km/h)
TIEMPO DE VIAJE EN (s) 2.1		5,829	10,5	6,186	9,9	6,531	9,4	10,916	5,6
		3,571	17,1	5,098	12,0	8,072	7,6	10,379	5,9
		3,811	16,1	6,191	9,9	7,482	8,2	13,237	4,6
		4,053	15,1	6,412	9,5	6,952	8,8	12,164	5,0
		8,201	7,5	4,837	12,7	6,889	8,9	11,541	5,3
		2,508	24,4	8,939	6,8	7,389	8,3	9,910	6,2
		4,970	12,3	6,428	9,5	7,592	8,1	10,950	5,6
		4,078	15,0	5,432	11,3	6,320	9,7	9,883	6,2
		4,789	12,8	4,467	13,7	8,269	7,4	9,890	6,2
	5,467	11,2	5,995	10,2	7,715	7,9	11,280	5,4	

Figura 39. Tiempos de viaje.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

La muestra se verificó con un nivel de confianza del 90% para esta velocidad, el valor de la constante k es de 1,65, como se muestra en la Figura 40.

Estadísticos					
		MOV 1.2 MOTOS	MOV 1.2 AUTOS	MOV 1.2 BUSES	MOV 1.2 CAMIONES
N	Válido	10	10	10	10
	Perdidos	0	0	0	0
Error estándar de la media		0,36246	0,51821	0,23993	0,23993
Desv. Desviación		1,14620	1,63873	0,75873	0,75873
Varianza		1,314	2,685	0,576	0,576
Rango		3,40	5,30	2,70	2,70
Mínimo		5,40	3,90	3,20	3,20
Máximo		8,80	9,20	5,90	5,90
Percentiles	50	7,1500	6,0500	4,4000	4,4000
	S	1,14620	1,63873	0,75873	0,75873
	k	1,65	1,65	1,65	1,65
	e	2	2	2	2
		0,89419	1,827780	0,391813	0,3918131

Figura 40. Análisis de la velocidad de cruce.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Con el objetivo de identificar los cruces que realizan los peatones y simular la situación real de la intersección, durante la hora pico de máxima demanda se cuantifico el flujo peatonal definiendo una serie de cruces. La Figura 41 se observa los movimientos más comunes realizados por los peatones.

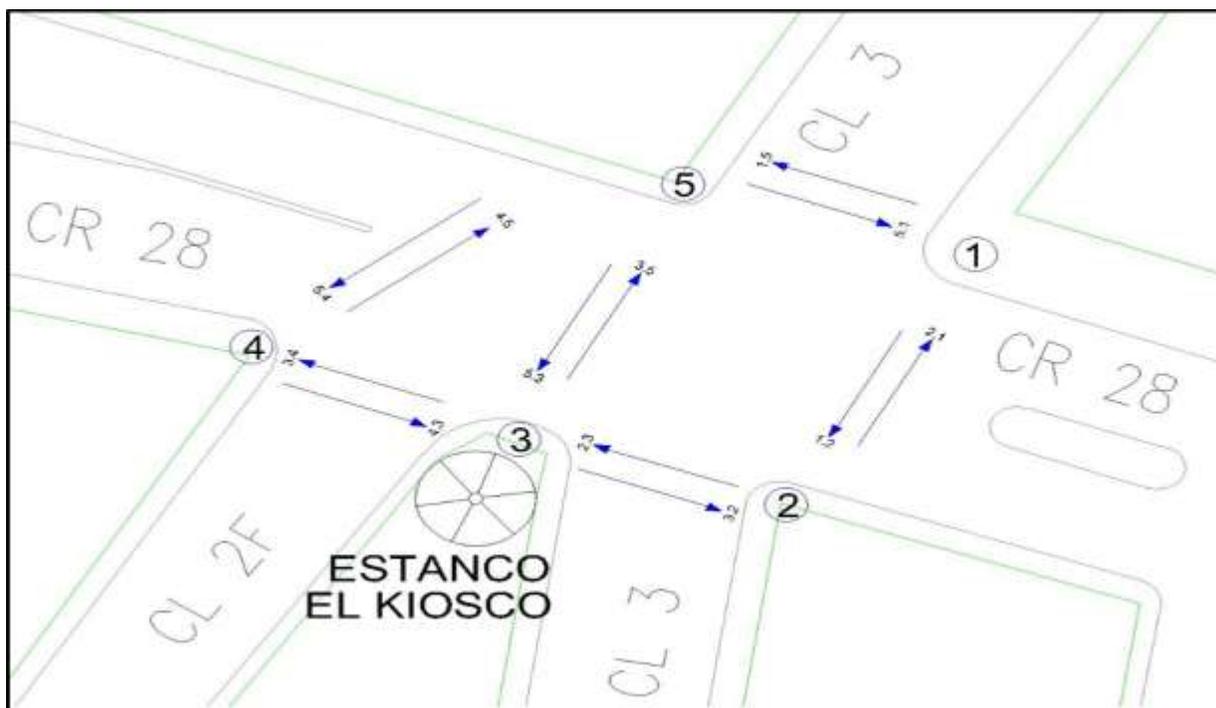


Figura 41. Cruces peatonales más comunes.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

En la Tabla 6 se muestra los movimientos realizados por los peatones y las frecuencias en que las utilizan.

Tabla 6*Flujo peatonal en la hora pico de máxima demanda*

FLUJO PEATONAL	
INTERSECCION 1	
MOVIMIENTO	NUMERO DE PEATONES
1.2	6
2.1	6
2.3	8
3.2	10
3.4	2
4.3	5
4.5	3
5.4	9
5.1	8
1.5	6
3.5	6
5.3	15

Nota. En esta tabla se muestran los movimientos realizados por los peatones. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

4.3 Simular el flujo vehicular estudiado de la situación actual para obtener un modelo calibrado de la zona de estudio, utilizando el software VISSIM 7.0.

A partir de los datos obtenidos mediante las fases de recopilación, procesamiento y análisis de la información, se desarrolló el modelo base que representa las condiciones actuales de operación en la intersección. A continuación se describe los pasos implicados en el desarrollo de la situación actual.

Desarrollo de la red vial. Se importó el plano topográfico para crear los enlaces y conectores necesarios para representar exactamente el sitio de estudio, en las Figura 42 hasta la Figura 44, se muestran los detalles de las intersecciones.

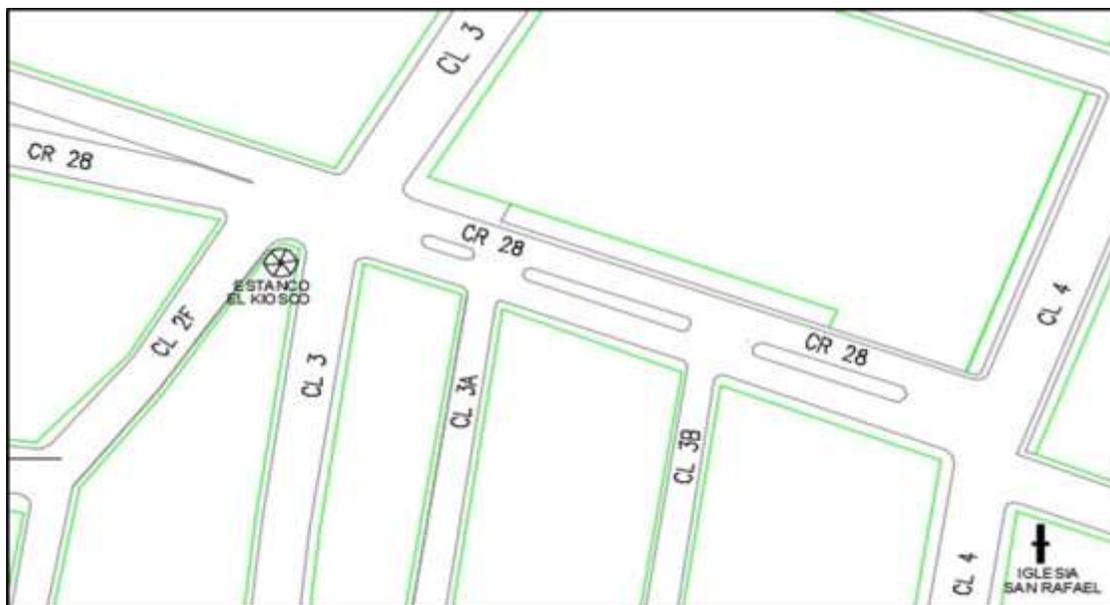


Figura 42. Plano topográfico.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

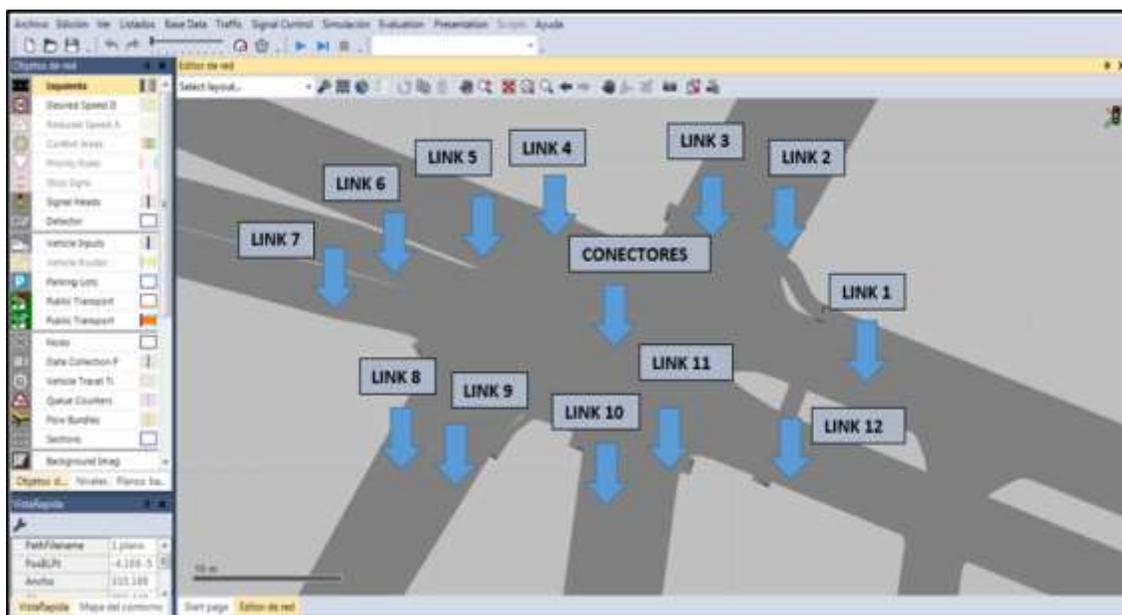


Figura 43. Definición de la intersección 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

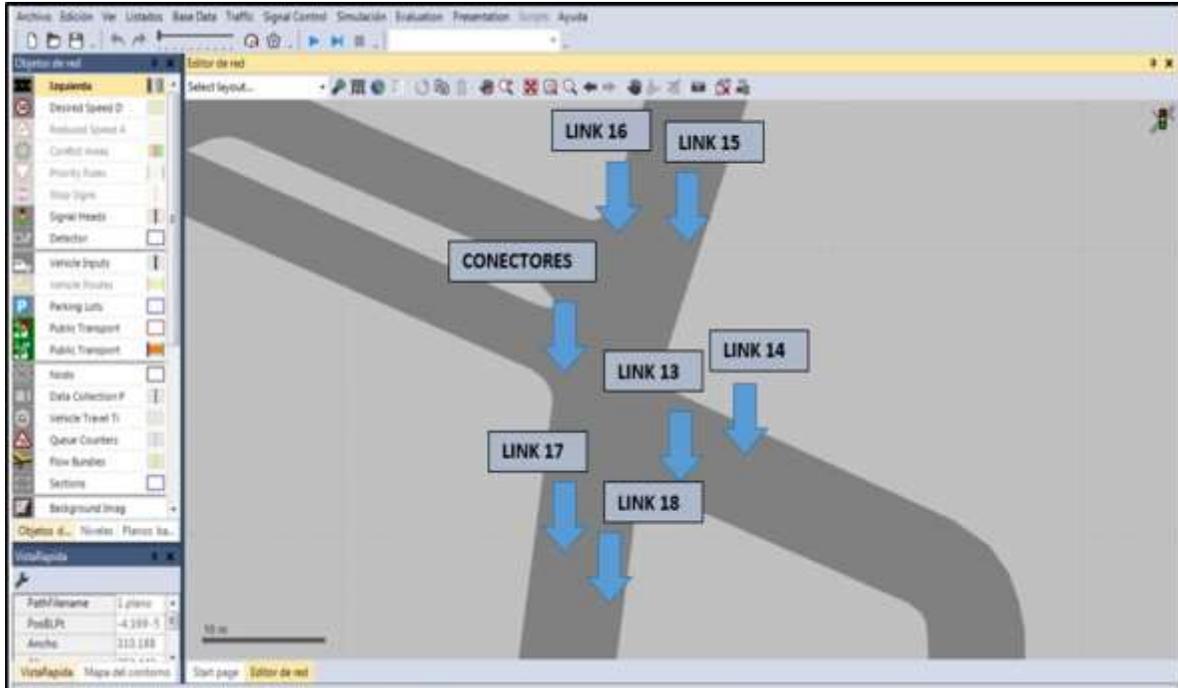


Figura 44. Definición de la intersección 2.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Definición de parámetros. Los datos de entrada del modelo se definieron mediante los siguientes parámetros:

Vehículos. Se indicaron las características de cada tipo de vehículo observado en la intersección. Clasificándoles de acuerdo al formato de aforos en autos, taxis, buses, C2p, C2G, >/C3, motos y bicicletas.

Volumen y composición vehicular. Se indicó el volumen y la composición vehicular presente en la hora de máxima demanda según los datos obtenidos en campo.

En la Figura 45 se observa los datos de entrada para el software, relacionado al volumen horario vehicular

VOLUMEN VEHICULAR EN LA HORA PICO DE MAXIMA DEMANA 11:45 m- 12:45p pm POR ACCESOS								
ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3	ACCESO 4	ACCESO 5	ACCESO 6	ACCESO 7	ACCESO 8	ACCESO 9
738	1202	11	321	125	218	685	153	11

Figura 45. Volumen horario vehicular por accesos ingresados al software.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

De acuerdo a los datos obtenidos, se muestra la composición del acceso 2 mediante la Figura 46.

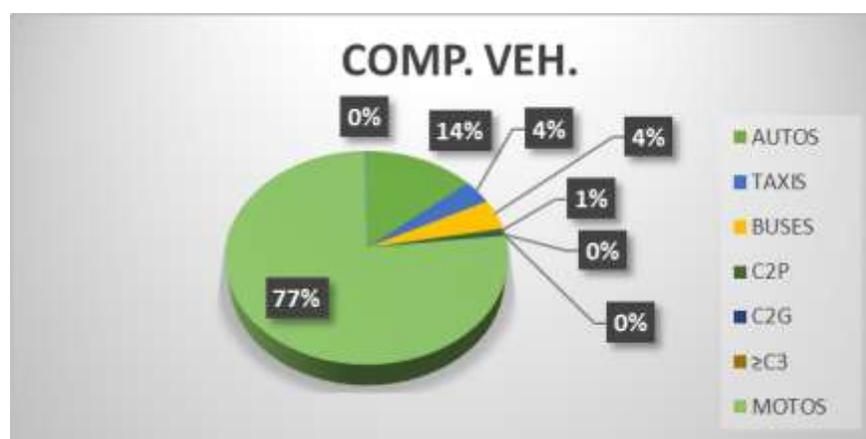


Figura 46. Composición vehicular acceso 2.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Lo anterior se calculó para todos los accesos la composición vehicular, posteriormente se ingresa la información al software, como se muestra en la Figuras 47 y 48.

Cantidad	No.	Nombre
1	1	Default
2	2	AVENIDA-KIOSCO
3	3	CARRERA 28A
4	4	CHIQUILLADAS
5	5	CALLE 2F
6	6	CAMLO TORRES
7	7	CALLE 5
8	8	CALLE 4
9	9	FEATONES

Cantidad	VehType	DesSpeedDato	RelFlow
1	200	HGV 20-20 km/h	0.003
2	610	Bus 5-5 km/h	0.001
3	420	Bus 5-5 km/h	0.001
4	430	Mat 30-30 km/h	0.383
5	540	C2F 20-20 km/h	0.007
6	550	Bus 20-20 km/h	0.046
7	660	TAXI 20-20 km/h	0.037
8	670	SCD 30-30 km/h	0.383
9	680	PICK 20-20 km/h	0.041
10	690	car 20-20 km/h	0.097

Figura 47. Composición vehicular acceso 2 en el software.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Cantidad	No.	Nombre	Tramo	Volume(0)	VehComp(0)
1	1	Acceso 2	3: calle 3	1202.0	2: AVENIDA-KIOSCO
2	2	acceso 6	6: calle 3	218.0	6: CAMLO TORRES
3	3	acceso 5	41: c12f-c12d	125.0	5: CALLE 2F
4	4	acceso 4	42: c12f	321.0	4: CHIQUILLADAS
5	5	acceso 3	34: calle 2	11.0	3: CARRERA 28A
6	6	acceso 7	23: calle 4	785.0	8: CALLE 4
7	7	acceso 8	27: calle 5	253.0	7: CALLE 5

Figura 48. Volumen vehicular en el software.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Rutas. Se trazaron las diferentes rutas que tomaban los vehículos, los cuales se clasificaron por movimientos. Así como se muestran en la Figura 49 para el acceso 1, de la misma se realizó el procedimiento para todos los accesos.

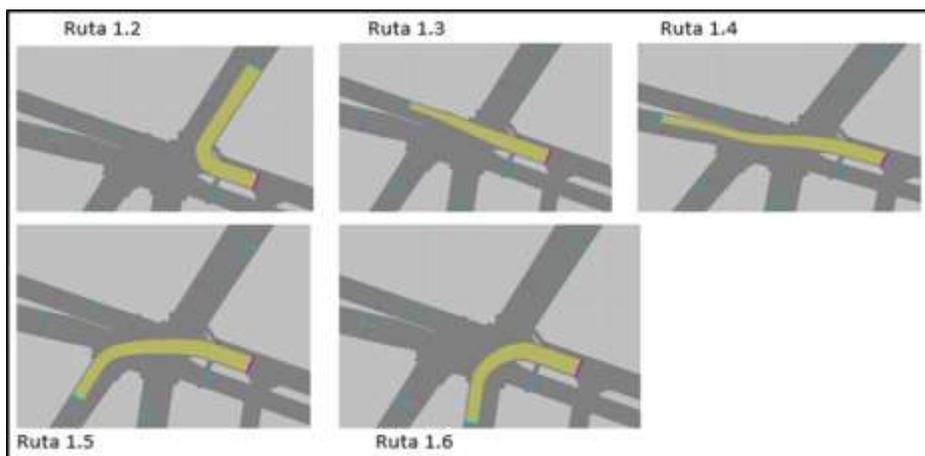


Figura 49. Rutas acceso 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Rutas vehiculares. Se distribuyó el volumen vehicular de acuerdo con los datos obtenidos en campo, para cada uno de los movimientos que se generan en la intersección. En la Figura 50 se muestra el ingreso de decisiones de ruta.

Cantidad	No	Nom	Tramo	Posición	AllVehTypes	VehClasses	UseVehRo
3	3	6: cl3-ruca		32,513	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4	4	10000: empalme calle		32,651	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
5	5	16: cr 28A		39,433	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
6	6	17: cr 28 chiquilladas		107,836	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
7	7	9: calle 3		37,000	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
8	8	11: carrera 28		70,113	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
9	9	11: carrera 28		16,969	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Cantidad	VehRoutDec	No	Nom	DestLink	DestPos	RelFlow()
1:8	1	10001: empalm		13,856		0,855
2:8	2	15: cr 28A		12,630		0,003
3:8	3	18: cr 28 chiquil		7,561		0,121
4:8	4	13: calle 2f		10,036		0,014
5:8	5	10: calle 3		9,682		0,008

Figura 50. Decisiones de rutas acceso 1.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

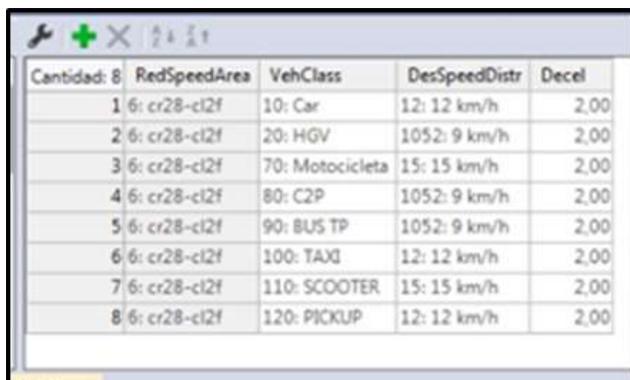
Velocidad de Red. Se ingresaron las velocidades para cada tipo de vehículo por acceso antes de entrar a la intersección, como se muestra en la Figura 51.

Cantidad	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	200: HGV	20: 20 km/h	0,003
2	610: Bike	5: 5 km/h	0,001
3	620: Bike	5: 5 km/h	0,001
4	630: Mot	30: 30 km/h	0,383
5	640: C2P	20: 20 km/h	0,007
6	650: BUS	20: 20 km/h	0,046
7	660: TAXI	20: 20 km/h	0,037
8	670: SCO	30: 30 km/h	0,383
9	680: PICK	20: 20 km/h	0,041
10	690: car	20: 20 km/h	0,097

Figura 51. Velocidades de red.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Velocidad de cruce. Se digitaron las velocidades para cada tipo de vehículo al cruzar la intersección según sus tiempos de viajes, como se observa en la Figura 52.

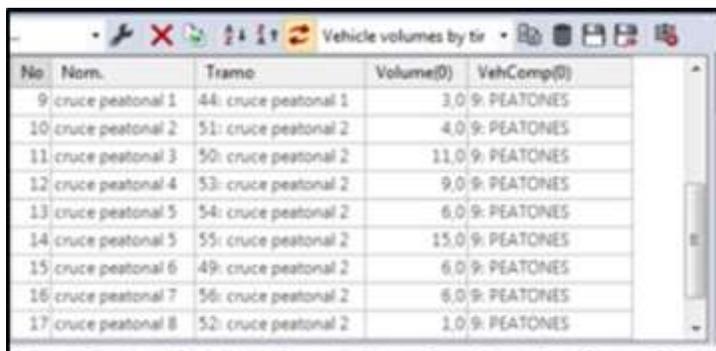


Cantidad:	RedSpeedArea	VehClass	DesSpeedDistr	Decel
1 6:	cr28-cl2f	10: Car	12: 12 km/h	2,00
2 6:	cr28-cl2f	20: HGV	1052: 9 km/h	2,00
3 6:	cr28-cl2f	70: Motocicleta	15: 15 km/h	2,00
4 6:	cr28-cl2f	80: C2P	1052: 9 km/h	2,00
5 6:	cr28-cl2f	90: BUS TP	1052: 9 km/h	2,00
6 6:	cr28-cl2f	100: TAXI	12: 12 km/h	2,00
7 6:	cr28-cl2f	110: SCOOTER	15: 15 km/h	2,00
8 6:	cr28-cl2f	120: PICKUP	12: 12 km/h	2,00

Figura 52. Velocidades de cruce.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Peatones. Se distribuyó el flujo peatonal en los diferentes cruces de la intersección, como se muestra en la Figura 53.



No	Norm.	Tramo	Volume(0)	VehComp(0)
9	cruce peatonal 1	44: cruce peatonal 1	3,0	9: PEATONES
10	cruce peatonal 2	51: cruce peatonal 2	4,0	9: PEATONES
11	cruce peatonal 3	50: cruce peatonal 2	11,0	9: PEATONES
12	cruce peatonal 4	53: cruce peatonal 2	9,0	9: PEATONES
13	cruce peatonal 5	54: cruce peatonal 2	6,0	9: PEATONES
14	cruce peatonal 5	55: cruce peatonal 2	15,0	9: PEATONES
15	cruce peatonal 6	49: cruce peatonal 2	6,0	9: PEATONES
16	cruce peatonal 7	56: cruce peatonal 2	6,0	9: PEATONES
17	cruce peatonal 8	52: cruce peatonal 2	1,0	9: PEATONES

Figura 53. Flujo peatonal.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Calibración comportamiento de motocicletas. Se adaptó el comportamiento de los conductores de motocicletas y puedan adelantar por cualquier sentido, tal como sucede en la realidad. Dicho se refleja en la Figura 54.

Cantidad	No.	Nom.	ObsrvdVehs	StandDistIsFis	StandDist	CarFollowModType	W74buAdd	W74buMult	LnChgRule	AdvMerg	DesLatPos	OvtLDef	OvtRDef	LatDi
1	1	Urban (motorized)	4	<input type="checkbox"/>	0.50	WEDEMANN74	2.00	3.00	OUTSIDERULE	<input checked="" type="checkbox"/>	ANY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	2	Right-side rule (motorized)	2	<input type="checkbox"/>	0.50	WEDEMANN99	2.00	3.00	OUTSIDERULE	<input checked="" type="checkbox"/>	MIDDLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	3	Freeway (free lane selection)	2	<input type="checkbox"/>	0.50	WEDEMANN99	2.00	3.00	FREELANESELECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	MIDDLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	4	Footpath (no interaction)	2	<input type="checkbox"/>	0.50	NOINTERACTION	2.00	3.00	FREELANESELECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	ANY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	5	Cycle-Track (free overtaking)	2	<input type="checkbox"/>	0.50	WEDEMANN99	2.00	3.00	FREELANESELECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	RIGHT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 54. Modificación del comportamiento en motos.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Nota. El proceso detallado con las herramientas y comandos utilizados se evidencia en el manual

4.4 Proponer posibles soluciones mediante modelación a la problemática presente en la intersección de la calle 3 con carrera 28 y un análisis cuantitativo de los resultados obtenidos que permitirá establecer la alternativa a recomendar para su implementación.

Para estudiar una posible solución a la congestión vehicular en la intersección del kiosco se plantearon tres alternativas, a cada una de estas se les realizó una señalización según el manual de señalización vial 2015, INVIAS. En la Figura 55 se muestra el detalle para el cruce cebra.

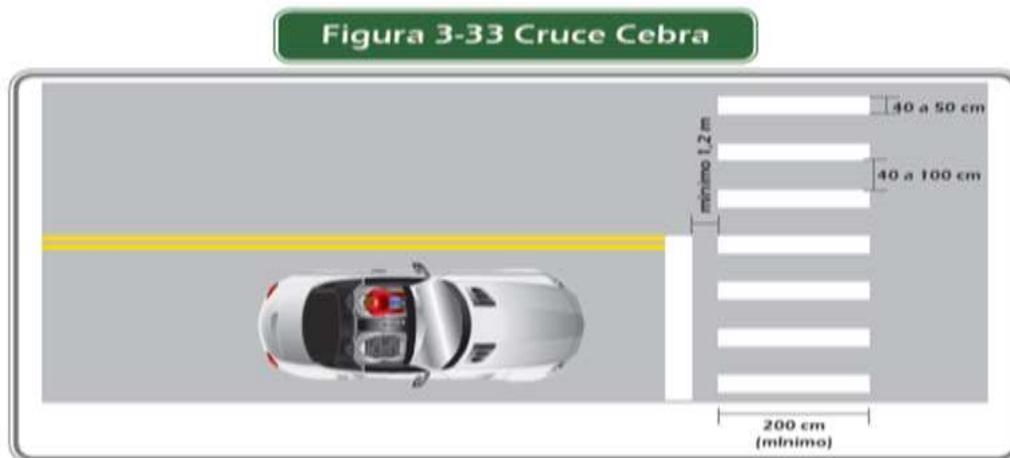


Figura 55. Cruce de cebra.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

De igual manera, en la Figura 56 se muestra el detalle para la demarcación de flechas.

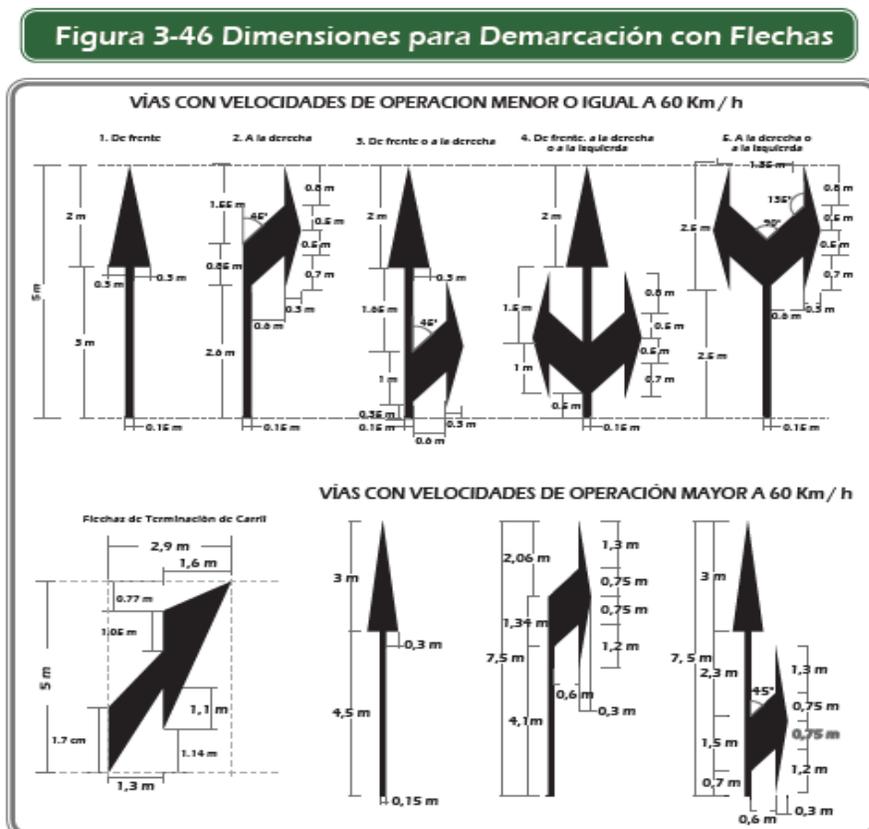


Figura 56. Dimensiones para demarcación con flechas.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Por último, se tuvo en cuenta la señalización vertical pertinente, como se muestra en la Figura 57.



Figura 57. Señalización vertical.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Alternativa 1. Redireccionamiento y señalización. Consiste en una modificación de los sentidos de las vías y una ubicación de las señales de tránsito necesarias para mostrar a los usuarios, la condiciones de la zona.

Se realizó una de señalización y cambio de sentido para dos de las calles que la conforman el punto definido entre la calle 2b y la carrera 27b. La calle 2b se dejara en un solo sentido con dirección desde la carrera 28 hasta la carrera 27b pues desde esta en adelante la calle 2b contara como una vía doble sentido. En la Figura 58 se observa la respectiva señalización.

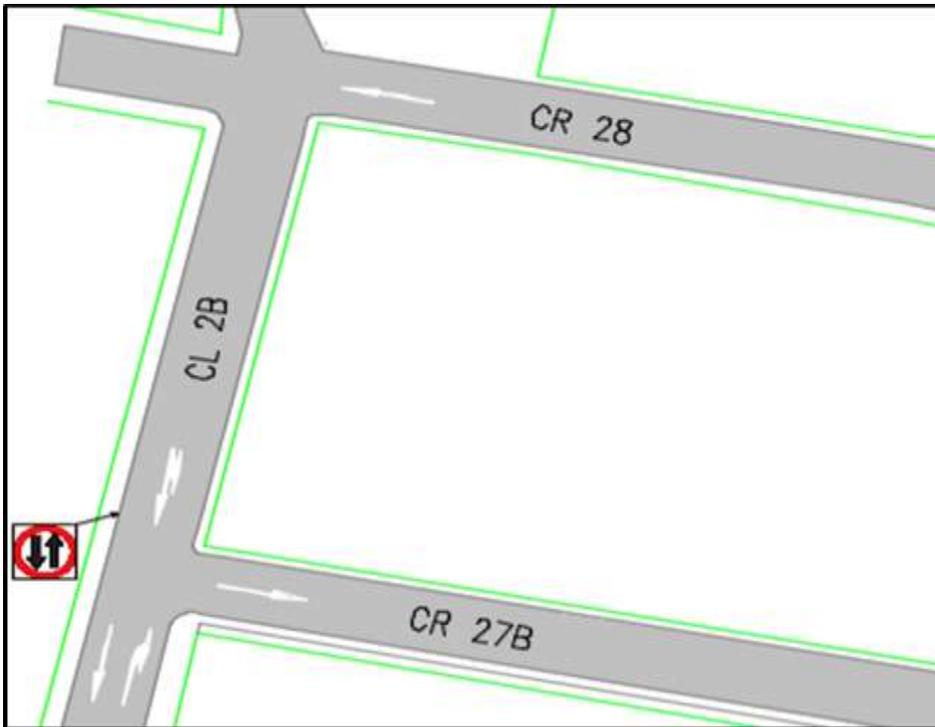


Figura 58. Señalización planteada en la cl2b con cr27b.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Para la intersección 2 (iglesia san Rafael) se realizó una señalización clara (ver Figura 59), con el fin conducir el flujo vehicular por la calle 4 hacia la avenida francisco Fernández de contreras.

Para lograr que los conductores realicen este movimiento, se tendrá que realizar un mantenimiento en la carpeta asfáltica sobre la carrera 28c pues el deterioro de esta vía (ver Figura 60) ocasiona que los conductores no tomen esta ruta.

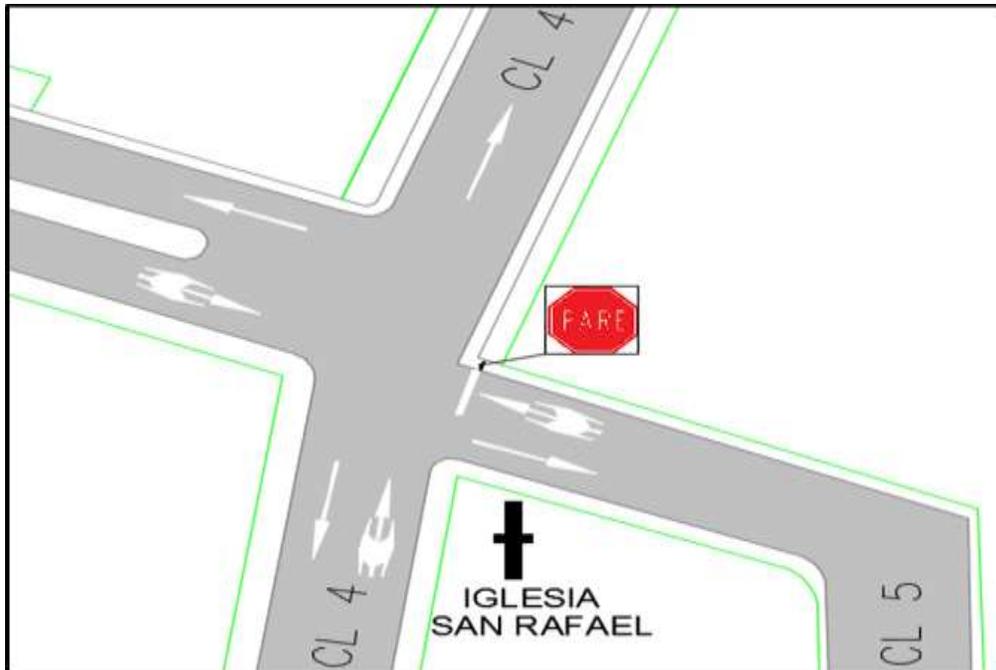


Figura 59. Señalización planteada intersección 2.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)



Figura 60. Estado actual de la Cr28c entre la Cl3 y Cl4.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

La última intersección para definir señalización es la que conforman la calle 3 con la carrera 28c. Para plantear una solución en este lugar se contempló el sentido que la carrera 28c desde la calle 4 hacia la calle 3, en este punto se propuso un carril de transición para que los vehículos que se dijeron por la calle 4 hacia la avenida puedan ingresar a la calle 3 paralelamente. Con el fin de incentivar el tránsito por la calle 4, se instaló sobre la calle 3 una señal vertical de ceda el paso y se demarcó en el pavimento, teniendo prioridad los vehículos que salgan de la carrera 28c. La señalización se muestra en la Figura 61.

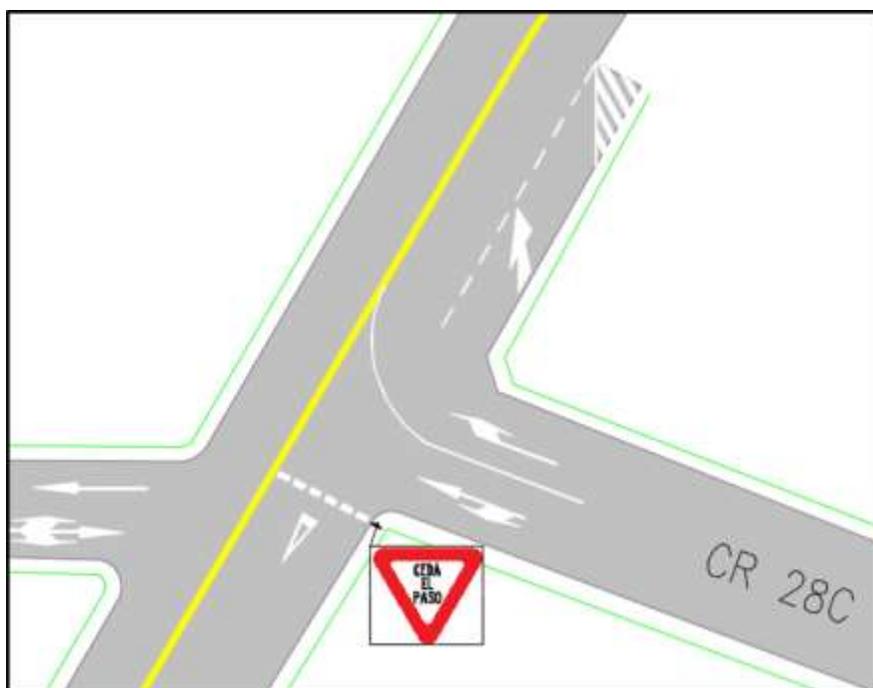


Figura 61. Señalización planteada el 3 con cr28c.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Para reducir los puntos de conflicto que existen actualmente en la intersección del Kiosco. Se modificaron los sentidos de algunas de las vías que la conforman, Las calles a las cuales se les realizó un cambio de sentido fueron:

La carrera 28 con dirección a chiquilladas actualmente cuenta como una vía de dos sentidos, el planteamiento de esta alternativa muestra esta vía como un acceso de un solo sentido en dirección kiosco-chiquilladas, tal y como se muestra en la Figura 64.

La carrera 28^a es un acceso de la intersección, la cual dirige poco flujo hacia una zona residencial d. Esta vía se propone en solo sentido en dirección intersección-calle 2 Ver Figura 62. La calle 2f en la actualidad tiene dos sentidos, se planeó cambiar a una sola dirección, la cual permite conectar el barrio cuarto centenario con la intersección del kiosco.

En la carrera 28 entre las calle 3 y 4 se analizó en los estudios realizados en el acceso que las colas generadas en esa vía era consecuencia de la dependencia de las 6 rutas que pueden elegirse en este punto del único carril que existe actualmente. Para reducir estas colas y demoras se contempló la posibilidad de eliminar el separador pequeño que tiene esta calle con el fin de adecuar otro carril en el sentido iglesia-kiosco, pues el ancho de esta calzada permite plantear dicha opción.

Para la seguridad y comodidad de los transeúntes, se definió una serie de cruces peatonales con cebras en los tramos más transitados, según se analizó en el estudio de volumen peatonal y rutas de cruce de la intersección.

Por último con el percentil 85 obtenido del análisis estadístico del estudio de velocidades se determinó la velocidad máxima de red permitida de 40 Km/h.

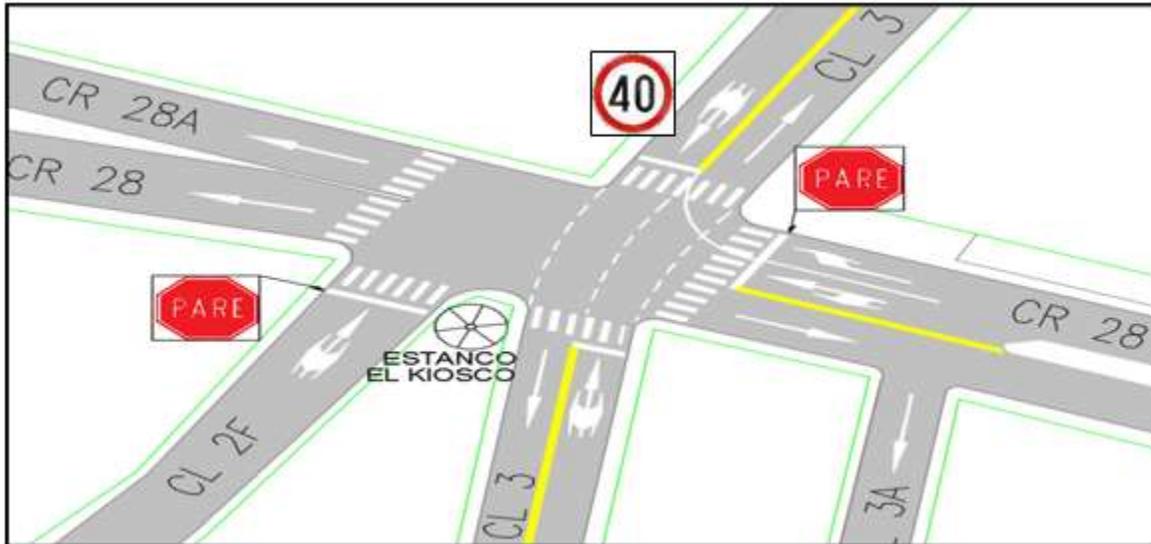


Figura 62. Alternativa 1 – Redireccionamiento y señalización.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Alternativa 2 (3 semáforos). Esta opción requiere todos los cambios de sentidos de la alternativa 1 (Redireccionamiento) además de realizar un cambio de dirección en la calle 3 entre la carrera 28 y la carrera 27, planteando esta calle con un solo sentido en dirección kiosco-camilo torres. También planeo ubicar 3 semáforos (Ver Figura 63) para lograr un ciclo semafórico más corto.

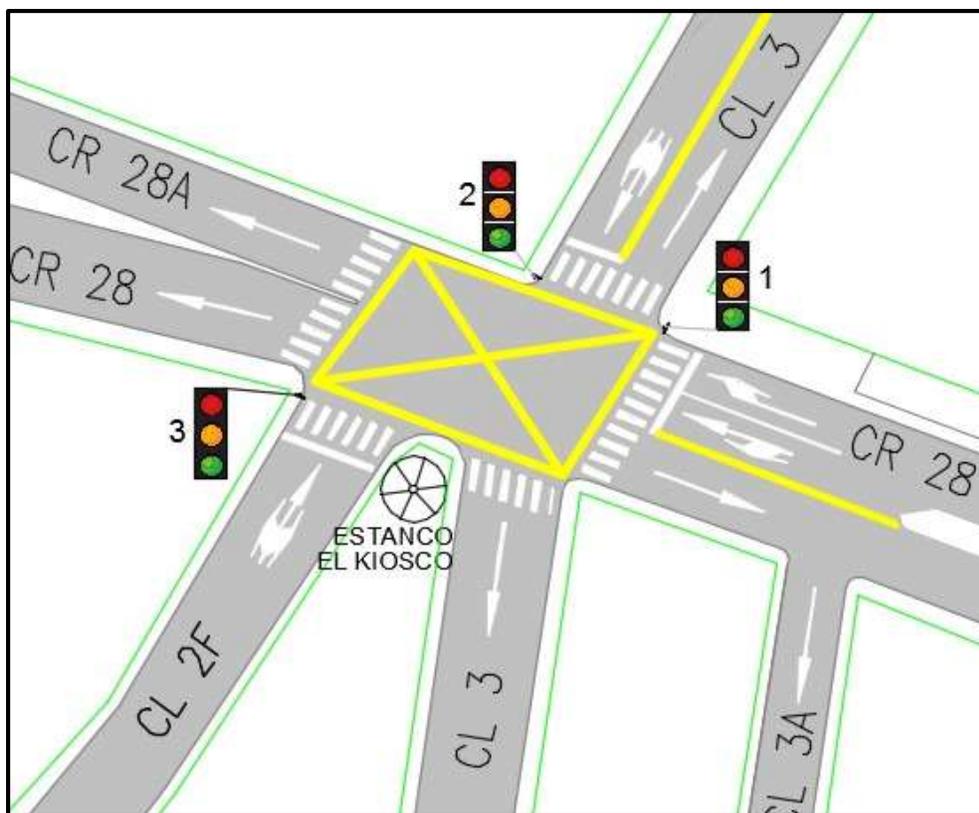


Figura 63. Alternativa 2 – 3 semáforos.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Alternativa 3 (4 semáforos). Esta posibilidad de solución requiere todas las modificaciones explicadas en la alternativa 1 (Redireccionamiento) además de la ubicación de 4 semáforos, uno en cada carril de acceso a la intersección estudiada. Así como se muestra en la Figura 64.

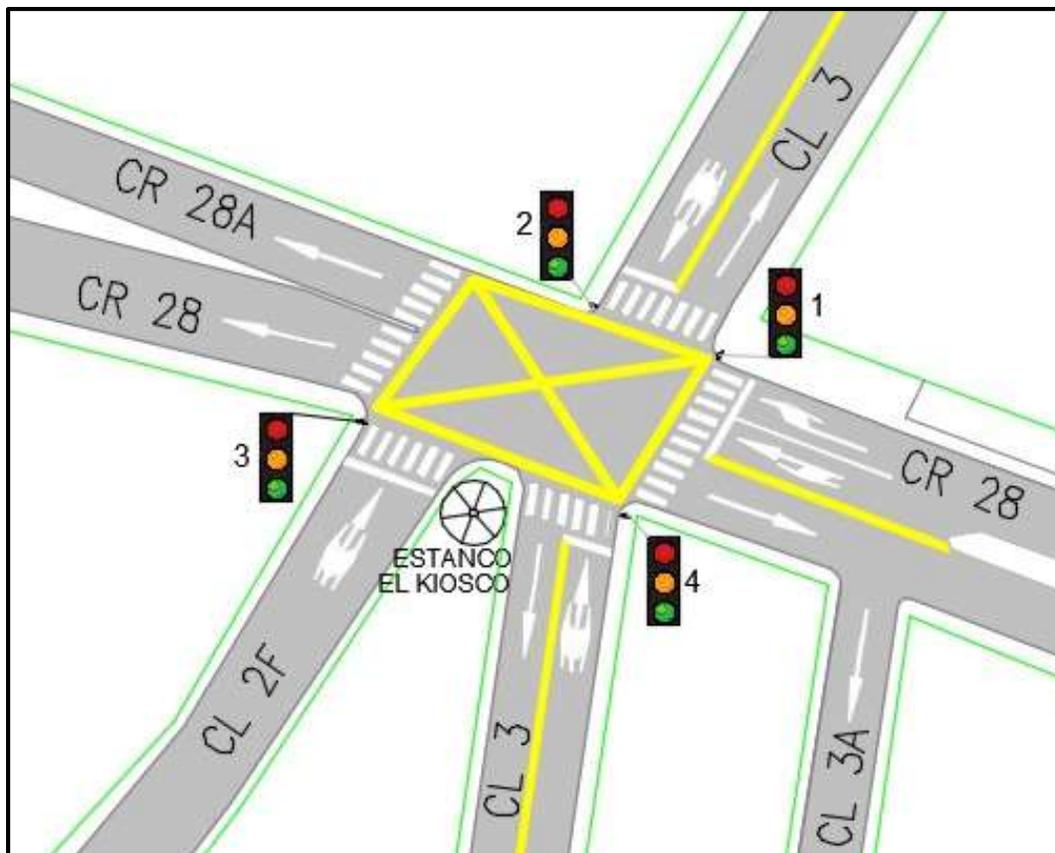


Figura 64. Alternativa 3 – 4 semáforos.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Semáforos. El cálculo de los semáforos se realizó matemáticamente, basado en (Cal y Mayor, 2006). El proceso para hallar los tiempos de ciclo de los semáforos, se muestra a continuación.

Conversión de los volúmenes mixtos a automóviles directos equivalentes.

1. Factor por presencia de vehículos pesados

$$P_T = 1\% \quad P_B = 5\% \quad E_T = E_B = 1.5$$

$$F_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)} \quad F_{HV} = 0,97$$

2. Fase 1 Movimiento directo

$$q_D = \frac{V_{HMD}}{F_{HMD}} * \left(\frac{1}{F_{HV}} \right)$$

$$q_D = \frac{101}{0,92} * \frac{1}{0,97} \quad q_D = 113 \text{ ADE/h}$$

3. Vuelta izquierda

El volumen opuesto corresponde a 139 veh/h, interpolando en la tabla 13.3 se obtiene un equivalente $E_{VI} = 1.72$.

$$q_D = \frac{V_{HMD}}{F_{HMD}} * \left(\frac{1}{F_{HV}} \right)$$

$$q_I = \frac{6}{0,92} * \frac{1}{0,97} * 1,72$$

$$q_{VI} = 12$$

4. Vuelta a la derecha

Para un volumen bajo de peatones en conflicto (50 peatones por hora) con los vehículos que dan la vuelta a la derecha en la tabla 13.4 se obtiene un equivalente de 1.21

$$q_D = \frac{VHMVD}{FHMD} * \left(\frac{1}{FHV}\right) * E_{VD}$$

$$q_D = \frac{402}{0,92} * \frac{1}{0,97} * 1,21$$

$$q_D = 542 \text{ ADE/h}$$

El mismo proceso se realiza para todas las fases

5. Cálculo de la longitud de los intervalos de cambio.

Valores supuestos para la longitud L de los vehículos, el tiempo de percepción -reacción t y la tasa de desaceleración a:

$$L=6,1 \text{ m} \quad t=1.5 \text{ s} \quad a=3,05 \text{ m/s}^2$$

Siendo L la longitud de vehículo y T el tiempo de percepción –reacción

$$W= 8 \text{ m ancho efectivo}$$

$$V= 25 \text{ km/h} \quad v=6,9 \text{ m/s}$$

$$Y_1 = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W+L}{v}\right)$$

$$Y_1 = 3+2$$

$$Y_1 = 5$$

$$\text{Amarillo} = 3 \text{ s } A_1$$

$$\text{Todo rojo} = 2 \text{ s } TR$$

6. Tiempo perdido por fase.

$$I_1 = Y_1 = A_1 + TR_1 = 5 \text{ s}$$

Hasta este punto se realiza el mismo procedimiento para todas las fases

7. Tiempo perdido por ciclo.

$$L = A_1 + TR_1 + A_2 + TR_2 + \dots + A_n + TR_n$$

$$L = 5 + 5 + 5$$

$$L = 15 \text{ s}$$

8. Máximas relaciones de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril para cada fase.

$$Y_1 = \frac{q_1 \text{ máx}}{s}$$

$$Y_1 = \frac{542}{1800} = 0,301$$

$$Y_2 = \frac{731}{1800} = 0,40$$

$$Y_3 = \frac{89}{1800} = 0,049$$

9. Cálculo de la longitud de ciclo óptimo: Co

$$C_0 = \frac{1,5 * L + 5}{1 - Y_1 - Y_2 - Y_3}$$

$$C_0 = \frac{1,5 \cdot 15 + 5}{1 - 0,301 - 0,40 - 0,049}$$

$$C_0 = 110s$$

6. Tiempo verde efectivo total.

$$gT = C_0 - L$$

$$gT = 110 - 15 = 95 \text{ s}$$

7. Reparto de los tiempos verdes efectivos (gi).

$$g_1 = \left(\frac{Y_1}{Y_1 + Y_2 + Y_3} \right) gT$$

$$g_1 = \left(\frac{0,301}{0,301 + 0,4 + 0,049} \right) 95$$

$$g_1 = 38$$

$$g_2 = 52$$

$$g_3 = 5$$

8. Tiempos verde reales

$$G_1 = g_1 + I_1 + A_1 - TR_1 = 38$$

$$G_2 = 52$$

$$G_3 = 5$$

En la Figura 65 se muestra el modelo de registro de los tiempos para los semáforos.

	Todo Rojo	Rojo	Amarillo	Verde
Fase 1	2	57	3	38
Fase 2	2	43	3	52
Fase 3	2	90	3	5

Figura 65. Tiempos semafóricos calculados matemáticamente alternativa 2 (tres semáforos).

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

De igual manera, para la alternativa 3 se elaboró un formato de registro, como se observa en la Figura 66.

	Todo Rojo	Rojo	Amarillo	Verde
Fase 1	2	111	3	61
Fase 2	2	84	3	88
Fase 3	2	163	3	9
Fase 4	2	158	3	14

Figura 66. Tiempos semafóricos calculados matemáticamente alternativa 3 (cuatro semáforos).

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Los tiempos calculados matemáticamente fueron simulados en el software, al analizar los resultados arrojados se evidenciaron colas extensas y tiempos de demora altos, por lo que fue necesario recalcularlos con los flujos de Redireccionamiento planteados en el caso ideal. Como se observa

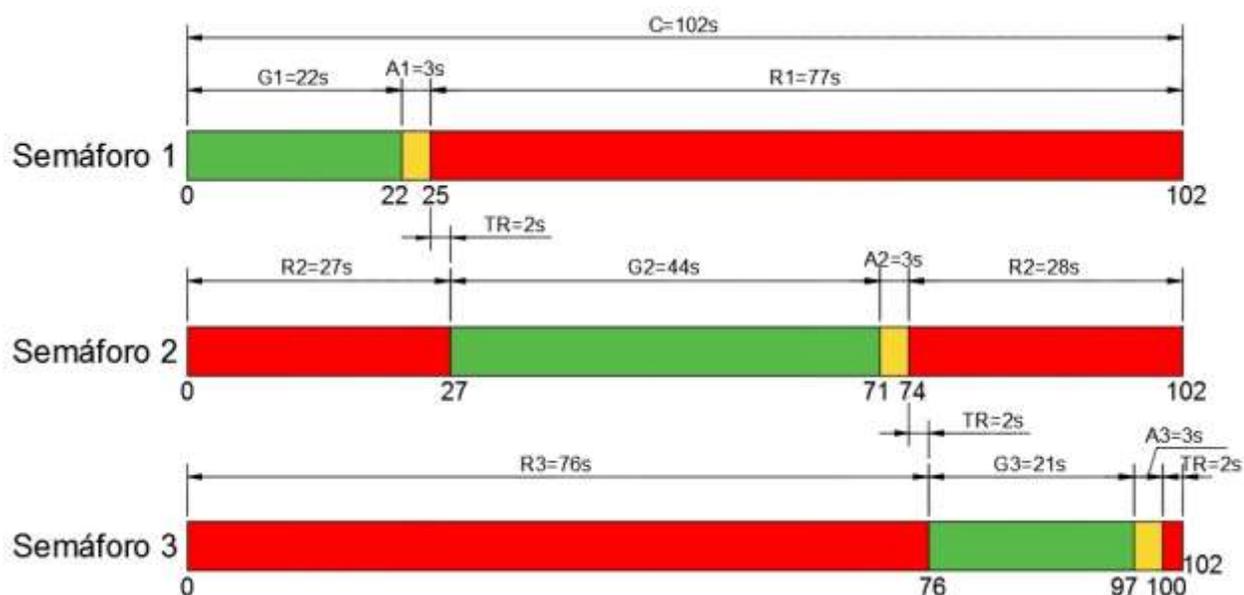


Figura 67. Tiempos semafóricos recalculados según Redireccionamiento alternativa 2.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

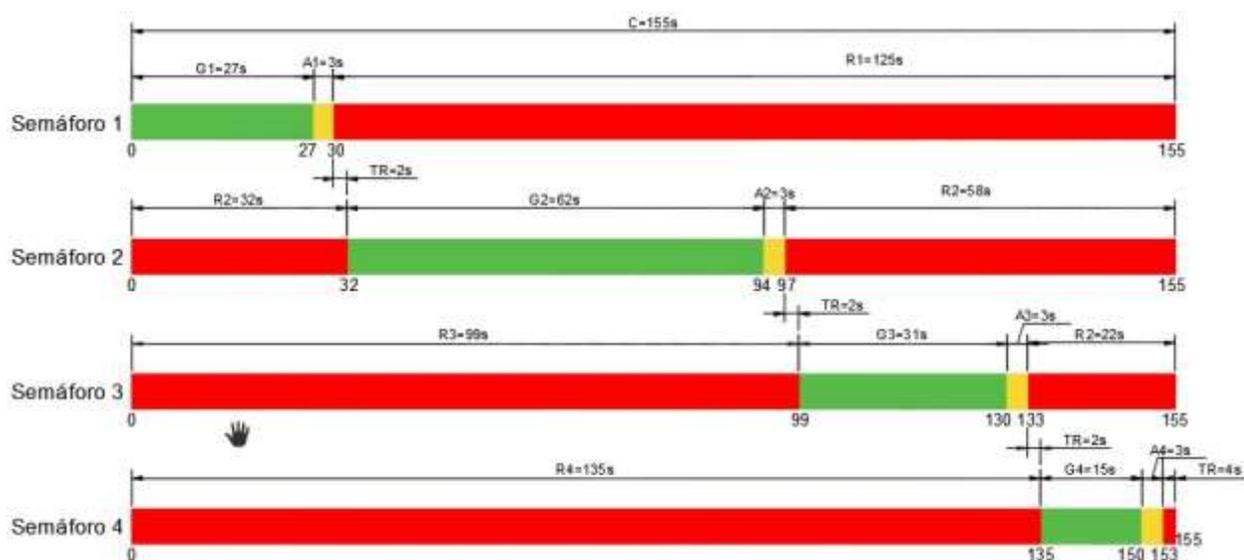


Figura 68. Tiempos semafóricos recalculados según Redireccionamiento alternativa 3 (cuatro semáforos).

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Después de estudiar con programa PTV Vissim todas las posibles opciones, se pudo evidenciar en las simulaciones el comportamiento de cada una de estas alternativas y se comparó las tabla de resultados que arrojó el software de cada de las opciones planteadas con la situación actual.

La opción más viable para la solución de esta intersección es la alternativa 2 (3 semáforos), pues al redireccionar el flujo vehicular que accedía a la intersección por la calle 3 desde el barrio camilo torres, se presentó una reducción de puntos críticos y por consiguiente un ciclo semafórico menor comparado con la alternativa 3 (4 semáforos). En las Tablas 7 y 8 se puede evidenciar la reducción de los movimientos dentro de la intersección, las colas y demoras que muestra la situación actual y la alternativa de solución escogida.

Los resultados de la simulación que mostro el programa para La alternativa 1 (Redireccionamiento y señalización) fue aceptable. Sin embargo esta opción se descartó pues al tener calles de acceso alejadas entre sí, los usuarios no tendrían visibilidad para decidir su movimiento sin ocasionar un accidente, realizando pares dentro de la intersección tal y como en la actualidad ocurre. Para observar los resultados obtenidos por el software de las alternativas, se muestran en el Apéndice K.

Tabla 7*Resultados, situación actual*

SIMULACION	INTERVALO (s)	MOVIMIENTO	LONG DE COLA	LONG MAX DE COLA	VEHICULOS	DEMORA DE VEHICULOS	DEMORA DE PARADAS	PARADAS
Promedio	0-3600	6.1 / Calle 3 - Camilo Torres @ Carrera 28 - Iglesia	7,75	25,49	10	6,78	3,57	0,4
Promedio	0-3600	6.3 / Calle 3 - Camilo Torres @ Calle 28a	7,75	25,49	1	11,82	4,01	1
Promedio	0-3600	6.4 / Calle 3 - Camilo Torres @ Carrera 28 – Chiquilladas	7,75	25,49	6	5,94	2,9	0,4
Promedio	0-3600	6.2 / Calle 3 - Camilo Torres @ Calle 3 – avenida	7,75	25,49	201	21,93	14,94	2,12
Promedio	0-3600	1.6 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 3 - Camilo Torres	16,17	55,93	10	13,5	20,28	2,4
Promedio	0-3600	1.5 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 2f	16,17	55,93	20	18,91	13,79	2,85
Promedio	0-3600	1.3 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 28a	16,17	55,93	5	11,8	11,9	1,2
Promedio	0-3600	1.4 / Carrera 28 - Iglesia @ Carrera 28 – Chiquilladas	16,17	55,93	99	24,19	9,87	2,38
Promedio	0-3600	1.2 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 3 – avenida	16,41	55,93	604	21,48	17,28	2,77
Promedio	0-3600	5.6 / Calle 2f @ Calle 3 - Camilo Torres	1,75	12,83	3	6,83	0,14	1
Promedio	0-3600	5.6 / Calle 2f @ Calle 3 - Camilo Torres	1,75	12,83	22	8,84	1,69	1,75
Promedio	0-3600	5.6 / Calle 2f @ Calle 3 - Camilo Torres	1,75	12,83	5	5,03	0,14	1
Promedio	0-3600	5.6 / Calle 2f @ Calle 3 - Camilo Torres	1,75	12,83	95	13,1	3,13	2,65
Promedio	0-3600	3.6 / Calle 28a @ Calle 3 - Camilo Torres	0,14	4,52	3	4,52	0,14	1
Promedio	0-3600	3.1 / Calle 28a @ Carrera 28 - Iglesia	0,14	4,52	2	4,77	0,14	1
Promedio	0-3600	3.5 / Calle 28a @ Calle 2f	0,14	4,52	5	0,34	0,2	1
Promedio	0-3600	3.2 / Calle 28a @ Calle 3 - avenida	0,14	4,52	1	6,23	1,26	2
Promedio	0-3600	4.6 / Carrera 28 - Chiquilladas @ Calle 3 - Camilo Torres	9,64	37,31	20	2,93	0,1	0,17
Promedio	0-3600	4.1 / Carrera 28 - Chiquilladas @ Carrera 28 – Iglesia	9,64	37,31	78	6,94	1	0,64
Promedio	0-3600	4.2 / Carrera 28 - Chiquilladas @ Calle 3 – avenida	9,64	37,31	223	9,58	1,9	1,53

Continuación Tabla 7

Promedio	0-3600	2.6 / Calle 3 - avenida @ Calle 3 - Camilo Torres	12,19	53,16	178	6,35	2,44	0,36
Promedio	0-3600	2.1 / Calle 3 - avenida @ Carrera 28 - Iglesia	12,19	53,16	660	7,31	2,89	0,63
Promedio	0-3600	2.5/ Calle 3 - avenida @ Calle 2f	12,19	53,16	143	4,89	2,2	0,21
Promedio	0-3600	2.4 / Calle 3 - avenida @ Carrera 28 – Chiquilladas	12,19	53,16	221	5,83	2,26	0,27
Total	0-3600	Nodo 1. Intersección el Kiosco	3,52	105,93	2735	13,01	4,08	1,49

Nota. En esta tabla se muestran los resultados actuales en cada uno de los parámetros establecidos. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Tabla 8

Resultados, alternativa viable

SIMULACION	INTERVALO (s)	MOVIMIENTO	LONG DE COLA	LONG MAX DE COLA	VEHICULOS	DEMORA DE VEHICULOS	DEMORA DE PARADAS	PARADAS
Promedio	0-3600	2.6 / Calle 3 - avenida @ Calle 3 - Camilo Torres	17,03	61,71	178	20,03	10,82	1,02
Promedio	0-3600	2.1 / Calle 3 - avenida @ Carrera 28 - Iglesia	17,03	61,71	660	20,21	11,16	0,93
Promedio	0-3600	2.4 / Calle 3 - avenida @ Carrera 28 – Chiquilladas	17,03	61,71	364	19,33	10,8	1,14
Promedio	0-3600	1.2 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 3 – avenida	1,08	23,79	323	12,96	8,48	0,68
Promedio	0-3600	1.6 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 3 - Camilo Torres	10,35	36,52	10	34,07	26,28	1,21
Promedio	0-3600	1.3 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 28a	10,35	36,52	3	39,29	32,35	1,14
Promedio	0-3600	1.4 / Carrera 28 - Iglesia @ Carrera 28 – Chiquilladas	10,35	36,52	107	36,07	28,9	1,2
Promedio	0-3600	5.2 / Calle 2f @ Calle 3 - avenida	10	41,31	318	47,56	36,21	3,16
Promedio	0-3600	5.6 / Calle 2f @ Calle 3 - Camilo Torres	10	41,31	8	47,5	36,34	1,83
Promedio	0-3600	5.1 / Calle 2f @ Carrera 28 - Iglesia	10	41,31	100	50,54	38,11	5,82
Promedio	0-3600	5.4 / Calle 2f @ Carrera 28 – Chiquilladas	10	41,31	20	65,87	51,37	3,78
Total	0-3600	Nodo 1. Intersección el Kiosco	5,56	61,71	1870	26,71	17,82	1,4

Nota. En esta tabla se muestran los resultados de la alternativa viable en cada uno de los parámetros establecidos. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Para analizar el comportamiento de la alternativa escogida, se realizara una proyección de 10 años, tomando como referencia datos suministrados por la secretaria de Tránsito y Transporte del Municipio de Ocaña y de esta manera determinar el volumen de parque automotor.

Tasa de crecimiento. La determinación de la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad se realizó a partir de la información suministrada por la Secretaria de Transito del Municipio de Ocaña, el oficio entregado indicaba el número de motocicletas, no motocicletas y total (vehículos –motocicletas) desde el 2013 hasta el 2017, véase apéndice M. La información histórica permitió realizar la proyección en el estudio del tramo. Se realizaron regresiones matemáticas para seleccionar la más indicada de acuerdo a los parámetros estadísticos (regresiones matemáticas de tipo lineal, exponencial, logarítmica y potencial).

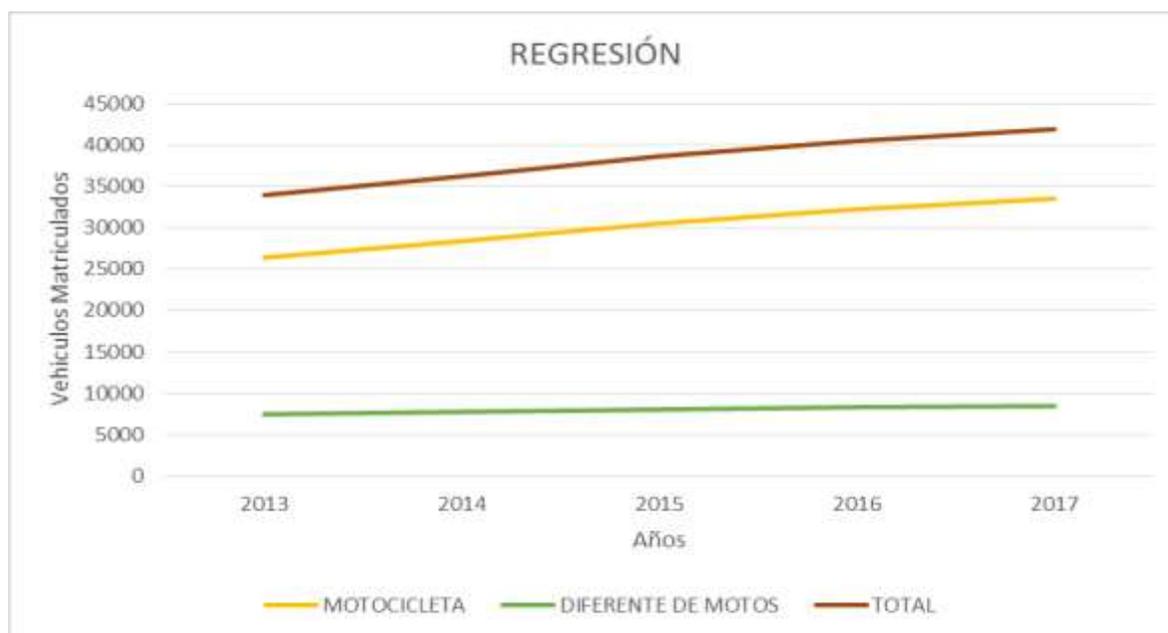


Figura 69. Tasa de crecimiento.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Para estimar la ecuación para realizar la proyección se emplean 4 tipos de regresiones (lineal, exponencial, polinómica y logarítmica, se selecciona la que tenga mejor comportamiento estadístico. Se trabaja tasa de crecimiento independiente para motocicleta y no motocicletas. En las Figuras 69 hasta la 73 se muestran las diferentes regresiones para motocicletas u no motocicletas.

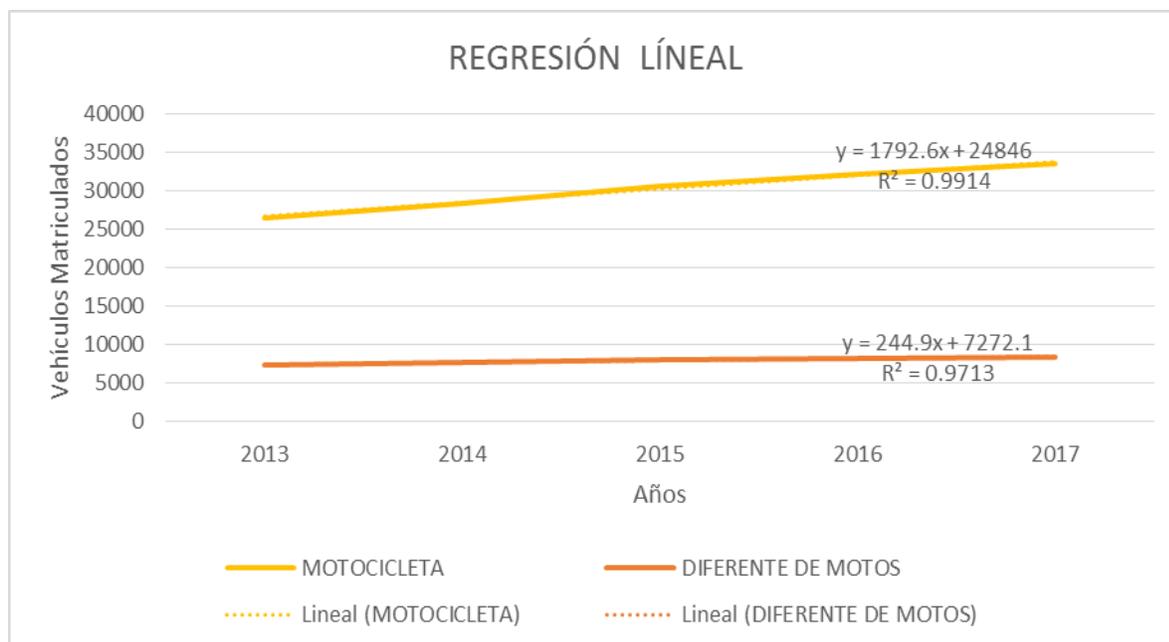


Figura 70. Regresión lineal.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

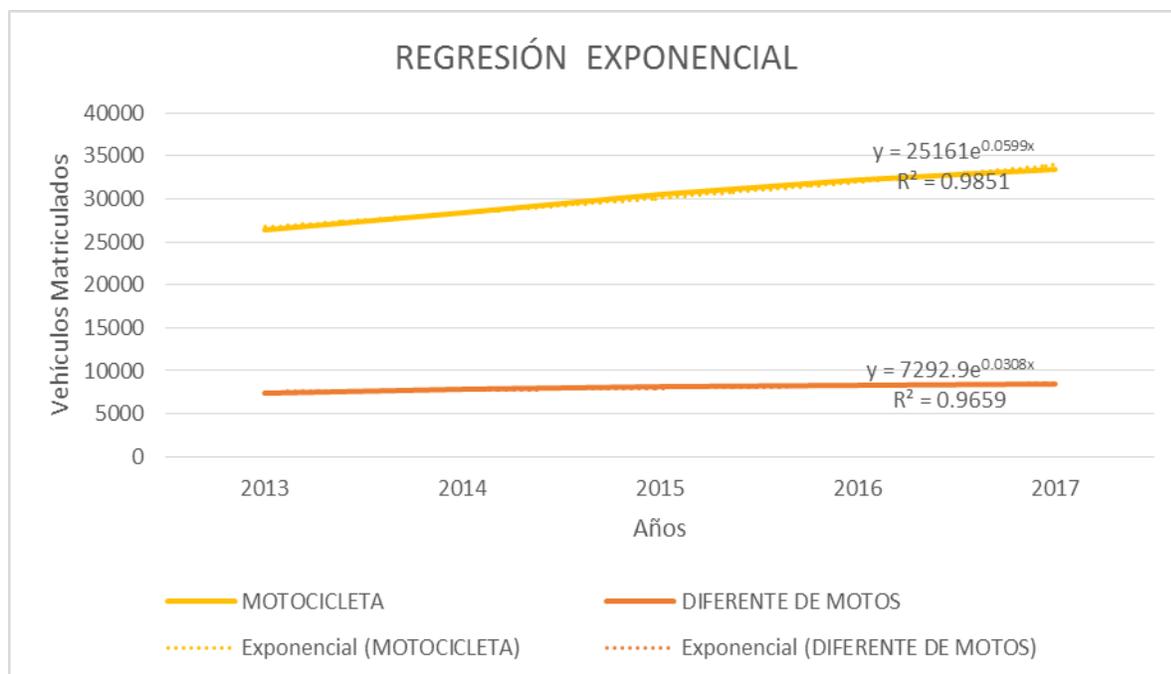


Figura 71. Regresión exponencial.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

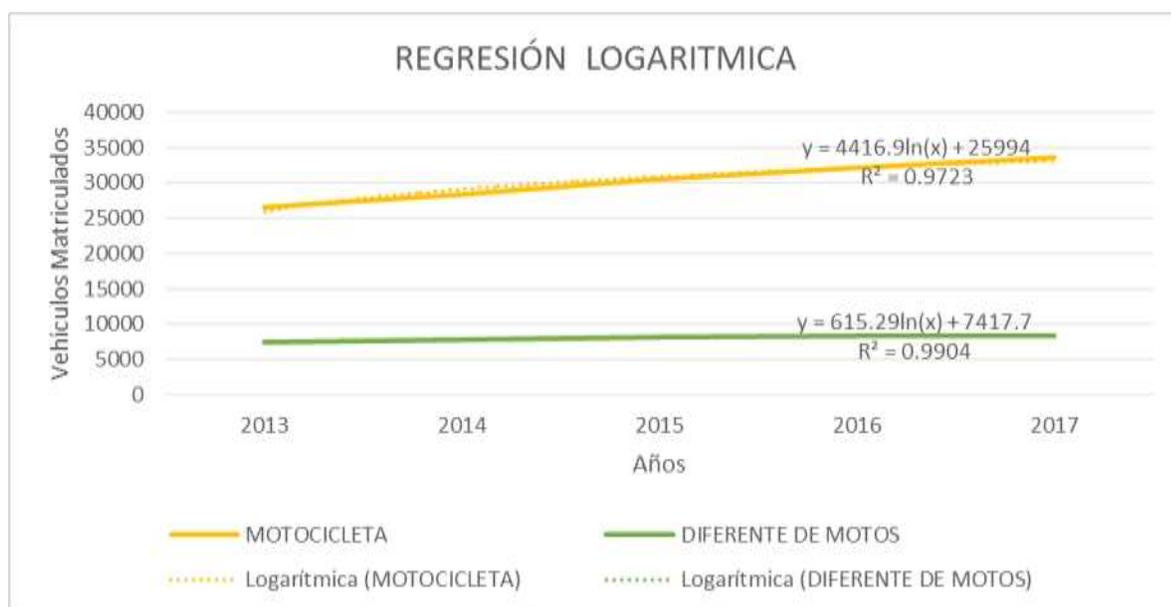


Figura 72. Regresión logarítmica.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

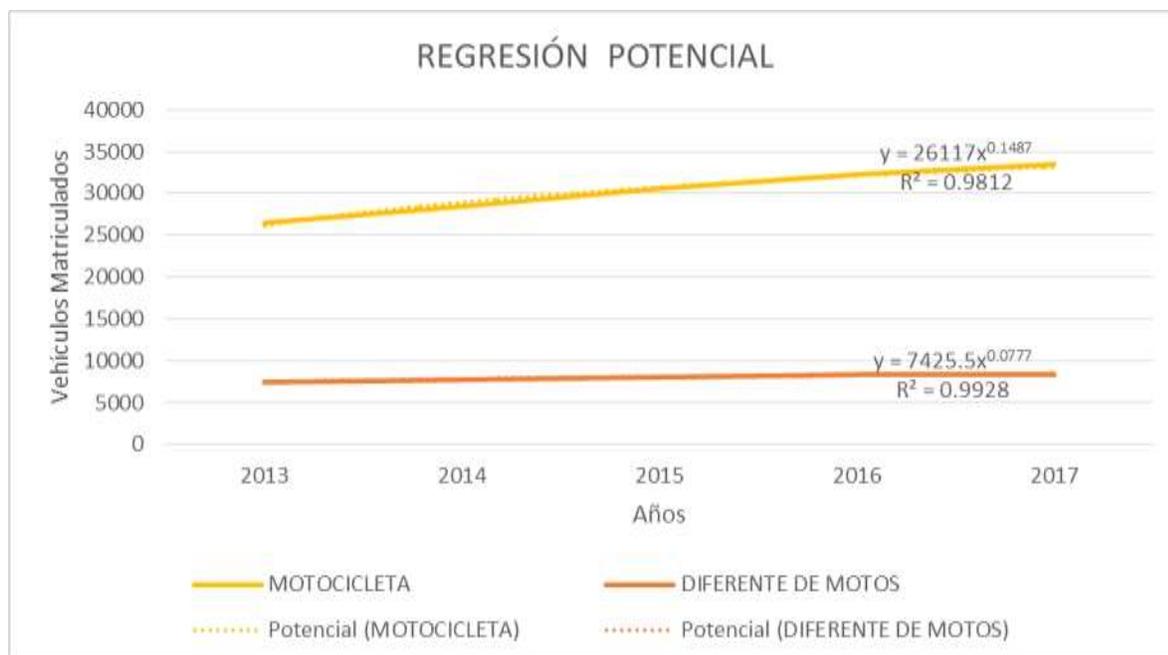


Figura 73. Regresión potencial.

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Los parámetros estadísticos para cada una de las regresiones arrojó un buen coeficiente de correlaciones, se seleccionó la regresión lineal para hacer la proyección hasta el año 2028. Utilizando las ecuaciones obtenidas en cada una de las regresiones se determinan los volúmenes de motorización de los años con información y se proyecta al año de diseño, se estima la tasa de crecimiento. No se contempló el tránsito generado y atraído, en la Tabla 9 se muestra las proyecciones con los diversos métodos, para las no motocicletas.

Tabla 9*No motocicletas*

AÑO	NO MOTOCICLETAS	LÍNEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL	LOGARÍTMICO	%CRECIMIENTO
2013	7453	7517	7521	7426	7418	
2014	7782	7762	7756	7836	7844	3,26
2015	8084	8007	7999	8087	8094	3,16
2016	8293	8252	8249	8270	8271	3,06
2017	8422	8497	8507	8415	8408	2,97
2018		8742	8773	8535	8520	2,88
2019		8986	9048	8638	8615	2,80
2020		9231	9331	8728	8697	2,73
2021		9476	9622	8808	8770	2,65
2022		9721	9923	8880	8834	2,58
2023		9966	10234	8946	8893	2,52
2024		10211	10554	9007	8947	2,46
2025		10456	10884	9063	8996	2,40
2026		10701	11225	9115	9041	2,34
2027		10946	11576	9164	9084	2,29
2028		11191	11938	9211	9124	2,24

Nota. En esta tabla se muestran los resultados de proyección de no motocicleta utilizando los diferentes métodos.
Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

De igual manera, en la Tabla 10 se muestra las proyecciones con los diversos métodos, para las motocicletas.

Tabla 10*Motocicletas*

AÑO	MOTOCICLETA	LÍNEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL	LOGARÍTMICO	% CRECIMIENTO
2013	26449	26639	26714	26117	25994	
2014	28395	28431	28363	28953	29056	6,73
2015	30559	30224	30114	30752	30846	6,31
2016	32209	32016	31973	32096	32117	5,93
2017	33505	33809	33947	33179	33103	5,60
2018		35602	36042	34091	33908	5,30
2019		37394	38267	34881	34589	5,04
2020		39187	40630	35581	35179	4,79
2021		40979	43138	36209	35699	4,57
2022		42772	45801	36781	36164	4,37
2023		44565	48628	37306	36585	4,19
2024		46357	51630	37792	36970	4,02
2025		48150	54817	38244	37323	3,87
2026		49942	58201	38668	37650	3,72
2027		51735	61793	39067	37955	3,59
2028		53528	65608	39444	38340	3,46

Nota. En esta tabla se muestran los resultados de proyección de motocicleta utilizando los diferentes métodos.
Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

En la Tabla 11 se muestra los movimientos, colas y demoras que arroja el software con la alternativa de solución escogida proyectada a 10 años.

Tabla 11*Resultados. Alternativa viable 2028*

SIMULACION	INTERVALO (s)	MOVIMIENTO	LONG DE COLA	LONG MAX DE COLA	VEHICULOS	DEMORA DE VEHICULOS	DEMORA DE PARADAS	PARADAS
Promedio	0-3600	1.6 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 3 - Camilo Torres	8,51	38,34	39	31,35	24,91	1,25
Promedio	0-3600	1.3 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 28a	8,51	38,34	15	35,63	31,35	1,25
Promedio	0-3600	1.4 / Carrera 28 - Iglesia @ Carrera 28 - Chiquilladas	8,51	38,34	251	32,17	26,1	0,96
Promedio	0-3600	1.2 / Carrera 28 - Iglesia @ Calle 3 - avenida	2,22	28,44	519	26,08	18,98	0,86
Promedio	0-3600	5.6 / Calle 2f @ Calle 3 - Camilo Torres	15,9	40,21	15	71,82	41,79	3,5
Promedio	0-3600	5.1 / Calle 2f @ Carrera 28 - Iglesia	15,9	40,21	160	70,74	39,57	2,75
Promedio	0-3600	5.4 / Calle 2f @ Carrera 28 - Chiquilladas	15,9	40,21	31	52,68	51,37	3,78
Promedio	0-3600	5.2 / Calle 2f @ Calle 3 - avenida	15,9	40,21	435	57,48	44,62	3,46
Promedio	0-3600	2.6 / Calle 3 - avenida @ Calle 3 - Camilo Torres	93,18	102,01	345	52,68	26,18	4,52
Promedio	0-3600	2.1 / Calle 3 - avenida @ Carrera 28 - iglesia	93,18	102,01	832	53,08	27,02	4,07
Promedio	0-3600	2.4 / Calle 3 - avenida @ Carrera 28 - Chiquilladas	93,18	102,01	564	47,04	23,01	4,41
Total	0-3600	Nodo 1. Intersección el Kiosco	17,15	102,01	3206	50,33	28,92	3,66

Nota. En esta tabla se muestran los resultados de la alternativa viable, con una proyección al 2028. Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

Una vez proyectada la alternativa elegida se hace el render en SketchUp para observar el diseño de estas. En las Figuras 74 hasta la 78 se muestra el render realizado.

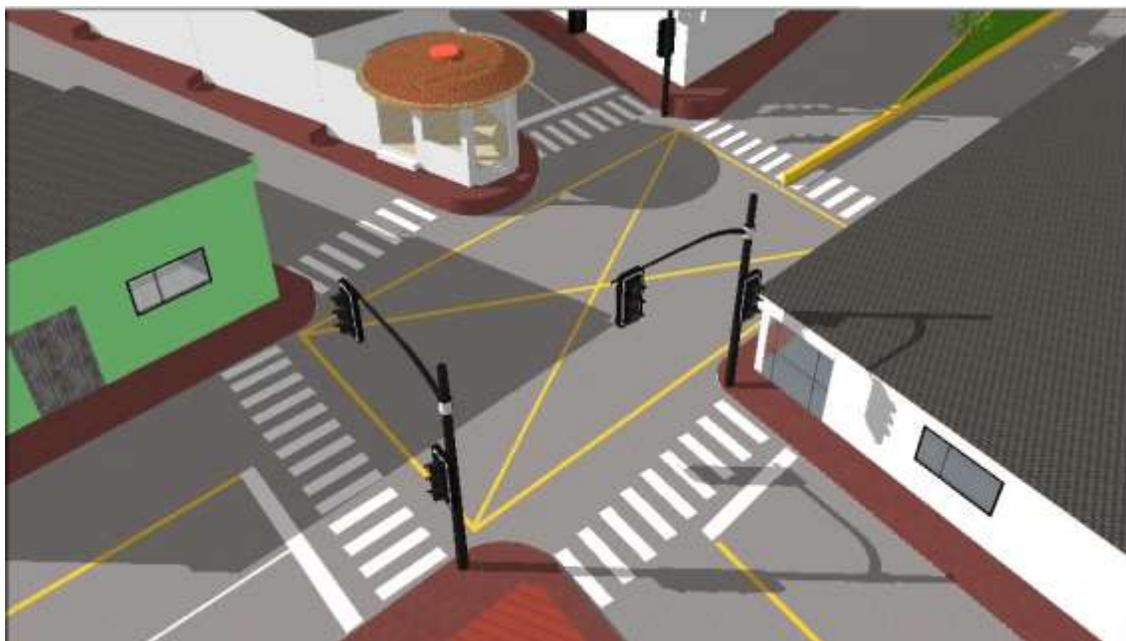


Figura 74. Perspectiva 1 alternativa 2 (3 semáforos) .

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)



Figura 75. Perspectiva 2 alternativa 2 (3 semáforos).

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)



Figura 76. Perspectiva 3 alternativa 2 (3 semáforos).

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)



Figura 77. Perspectiva 4 alternativa 2 (3 semáforos).

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)



Figura 78. Perspectiva 5 alternativa 2 (3 semáforos).

Fuente: (Autores del proyecto, 2018)

4.5 Construir un manual que permita la modelación de flujos vehiculares con el Software Vissim 7.0 con ayuda del caso de estudio, que sea una herramienta a estudiantes y profesionales.

Según los procesos y estudios requeridos para el estudio de la intersección con calle 3 con carrera 28 se construyó el manual de usuario PTV VISSIM 7.0, brindando una herramienta concisa y de fácil comprensión. Véase apéndice N.

Capítulo 5. Conclusiones

Por medio del levantamiento topográfico se caracterizó físicamente la zona de estudio, permitiendo determinar los anchos de calzada y carril, describiendo a gran detalle la geometría de las vías. En base a esa información se elaboró el mapa topográfico que fue exportado al software PTV VISSIM trazando sobre el los elementos de la red vial.

Con base en la observación detallada a través de las cámaras de seguridad, se identificaron los movimientos en las intersecciones creando una nomenclatura de fácil comprensión debido a la cantidad de accesos de la misma. Además se identificó el flujo vehicular permitiendo establecer que la hora de máxima demanda fue la comprendida entre las 11:45 am y las 12:45 pm y que un alto porcentaje de la intersección 2 ingresa a la intersección 1 por el acceso 1, mediante el estudio de velocidades se calibró aún más el modelo tomando registros de velocidad de red y velocidad de cruce por tipo de vehículo y acceso. Cuantificando el volumen horario vehicular y peatonal de las intersecciones para posteriormente realizar las respectivas modelaciones en el software.

Mediante el software PTV VISSIM se simuló la situación actual de la intersección en estudio con todas sus variables, Identificando que la zona tiene demasiados puntos de conflictos gracias a la cantidad de movimientos permitidos sin ninguna priorización, restricción y control.

Con fundamento en la anterior simulación se propusieron las diferentes alternativas de solución que permitirán el mejoramiento de movilidad y seguridad del punto. Como se evidenció

en el desarrollo de los objetivos la opción de Redireccionamiento vial y señalización adecuada es una manera fácil, rápida y de bajo costo a la hora de implementarse, sin embargo aunque proporciona una mejora significativa en la movilidad no lo hace con el factor de seguridad pues debido a los 6 accesos que componen la intersección aún quedan puntos de conflicto por lo que con esta alternativa no se logra lo deseado.

Caso contrario con las alternativas de implementación de semáforos, que si proporcionan seguridad pues con el control semaforico se eliminarían todos los puntos de conflicto. De este modo se recomienda optar por la propuesta de mejoramiento que contempla tres semáforos pues con sus tiempos de ciclo y fase la intersección mejoraría su congestionamiento y seguridad, reduciendo las colas, demoras y paradas.

Con la recopilación de los datos, variables y modelaciones estudiadas se construyó un manual a partir del caso de estudio, el cual busca que el usuario este en capacidad de manejar el software PTV VISSIM 7.0 con un nivel intermedio, aplicando conceptos de tránsito y transporte, sirviendo como referente en futuros estudios que busquen el mejoramiento de tráfico vehicular en determinada zona de estudio.

Capítulo 6. Recomendaciones

Hoy en día existen muchas herramientas tecnológicas que facilitan la recopilación de datos en los estudios de tránsito, para futuras investigaciones se recomienda el uso de estos instrumentos para la obtención de información segura que brinde un porcentaje mayor de confiabilidad y conceden un mayor rendimiento en campo.

En el momento de realizar investigaciones de esta magnitud, se debe considerar información base que pueda ser suministrado por fuentes de la región y ser punto de partida para consolidar la información.

Con el manual se pretende guiar al usuario a través del software para la búsqueda de soluciones en el área de movilidad y tránsito con sus funciones de diseño y modelación, lo más importante de todo software es practicar y seguir indagando sobre las herramientas y diversas opciones del mismo.

Referencias

DIVANTOQUE VILLALOBOS, A. M., AGUDELO NIÑO, O. J., & GONZALEZ

HERNANDEZ, L. D. (2017). *MODELACION DEL TRANSITO VEHICULAR EN LA CARRERA 39 CON CALLE 7 EN EL BARRIO 5 ETAPA DE LA ESPERANZA DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO*. VILLAVICENCIO, META: UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA.

Alaix, V. G. (2007). *Reflexiones de Ingeniería de Tránsito*.

Alcaldía de Ocaña. (2018). <http://ocana-nortedesantander.gov.co>. Obtenido de <http://ocana-nortedesantander.gov.co/index.shtml#7>

ANSV. (2013). *Agencia Nacional de Seguridad Vial*. Obtenido de <http://ansv.gov.co/>

ANSV. (27 de Dic de 2017). ansv.gov.co. Obtenido de <http://ansv.gov.co/ActoresViales>

Arrieta, K. F. (2013). *MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR CON EL SOFTWARE PTV VISSIM TRAMO BOMBA EL GALLO- BOMBA EL AMPARO*. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.

Bañón, L. (2012). Recuperado el 15 de 08 de 2018, de

https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01010501.pdf

Cal y Mayor. (2006). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. México: Alfaomega.

Farinango Hernández, F., & Riaño Arango, D. (2016). *Estudio de Tránsito y Modelación para dar soluciones viales a desnivel de la Intersección de la Cra 8 entre el par vial de la Calle 25 y Calle 26 de la Ciudad Santiago de Cali*. Santiago de Calli, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metología de la Investigación* (sexta ed.).

México: Mc Graw Hill.

Flores, Y. (Septiembre de 2016). *Microsimulación de la Intersección de la Avenida*

Universitaria con la Avenida Bolivar utilizando los software Vissim y Viswalk 8. Lima,

Perú.

<http://www.who.int/es>. (s.f.).

INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá.

INVIAS_CONSORCIO ECOPUENTES. (2013). *ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y*

NIVELES DE SERVICIO. Barranquilla.

Ley 769 Código Nacional de Tránsito Terrestre. (2002). *encolombia.com*. Obtenido de

<https://encolombia.com/derecho/codigos/transito-terrestre/codiotransitoterres/>

Mantilla Collantes, L., Rincón Amaya, K. J., & Sepúlveda Guerrero, L. E. (2017). Propuesta de

Mejoramiento para la Movilidad del Tramo 07 Ruta 70, comprendido entre el puente

vehicular La Sal (PR 47+960) hasta el Puente Peatonal Santa Clara (PR 48+380), del

Municipio de Ocaña Norte de Santander. Ocaña, Colombia: Universidad Francisco de

Paula Santander Ocaña.

Ministerio de transporte. (2010). *Diseño Geométrico De Los Pasos A Desnivel En La Intersección*

De La Carrera 63 Con La Autopista Sur En El Sector De Villa Del Rio De La Ciudad De

Bogota. Bogotá.

Ministerio de Transporte. (2015). *mintransporte.gov.co*. Obtenido de

[https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos_del_ministerio/Manuales/m](https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos_del_ministerio/Manuales/manuales_de_senalizacion_vial)

[anuales_de_senalizacion_vial](https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos_del_ministerio/Manuales/manuales_de_senalizacion_vial)

PTV GROUP. (2017). *vision-traffic.ptvgroup.com*. Obtenido de <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/>

Registro Único Nacional de Tránsito. (2017). <http://www.runt.com.co>. Obtenido de <http://www.runt.com.co/centros-informacion/glosario>

Vargas Vargas, W. E., Rincón Villalba, M. A., & Gonzáles, C. J. (2013). *Ingeniería de Tránsito Conceptos Básicos*. Espacios.

Apéndices

Apéndice A. Plano topográfico y cartera de puntos.

Ver archivo adjunto.

Apéndice B. Aforos vehiculares 24h 7 días intersección 1.

Ver archivo adjunto.

Apéndice C. Movimientos totales por día.

Ver archivo adjunto.

Apéndice D. Movimientos totales por acceso HMD intersección 1.

Ver archivo adjunto.

Apéndice E. Aforos vehiculares hora pico 7 días intersección 2

Ver archivo adjunto.

Apéndice F. Movimientos totales HMD intersección 2.

Ver archivo adjunto.

Apéndice G. Velocidades de red.

Ver archivo adjunto.

Apéndice H. Tiempos de viaje.

Ver archivo adjunto.

Apéndice I. Video Muestra.

Ver archivo adjunto.

Apéndice J. Planos de alternativas.

Ver archivo adjunto.

Apéndice K. Tablas arrojadas por el software.

Ver archivo adjunto.

Apéndice L. Datos de tránsito proyectados.

Ver archivo adjunto.

Apéndice M. Información de la secretaría de tránsito.

Ver archivo adjunto.

Apéndice N. Manual de usuario PTV VISSIM 7.0.

Ver archivo adjunto.