

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB- 12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): GUSTAVO RAFAEL APELLIDOS: RINCÓN SÁNCHEZ

NOMBRE(S): JHON BREINER APELLIDOS: SANDOVAL TORO

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): LUIS FRANCISCO APELLIDOS: MARTÍNEZ PARADA

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA GLORIETA EL CLARET, EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

RESUMEN

Este proyecto trata acerca de un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta del Claret, en la ciudad de san José Cúcuta, Norte de Santander. Para ello, se realizó una investigación descriptiva- correlacional donde se tomó como eje principal el estudio la accidentabilidad en la glorieta El Claret. La recolección de información se obtuvo a través de datos recolectados en diferentes horas y diferentes días, mediante lista de cotejo, también se recurrió a un análisis documental mediante tesis, libros e Internet. La población y muestra esta conformada por actores claves, entre ellos datos históricos y estadísticos que se tomarán en trabajo de campo. Se logró, realizar un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta el Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander. Se realizó, la toma información de campo para los estimativos de tránsito. Seguidamente, obtuvo la demanda del flujo vehicular (cantidad y composición) de la glorieta el Claret. Posteriormente, se determinó el Tránsito Promedio Diario en horas de mayor demanda. Finalmente, se efectuaron los análisis de tránsito en la intersección considerada, mediante la herramienta PTV Vissim, bajo diferentes escenarios de revisión.

PALABRAS CLAVE: estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio, flujo vehicular.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 115 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA GLORIETA EL
CLARET, EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

GUSTAVO RAFAEL RINCÓN SÁNCHEZ
JHON BREINER SANDOVAL TORO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA GLORIETA EL
CLARET, EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

GUSTAVO RAFAEL RINCÓN SÁNCHEZ

JHON BREINER SANDOVAL TORO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

LUIS FRANCISCO MARTÍNEZ PARADA

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 19 DE JUNIO DE 2020 HORA: 10:00 a. m.

LUGAR: VIDEO CONFERENCIA GOOGLE MEET

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "ESTUDIO DE TRANSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA GLORIETA EL CLARET EN LA CIUDAD DE SAN JOSE DE CUCUTA, DE NORTE DE SANTANDER".

JURADOS: ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO
ING. VICTOR ORLANDO MUTIS SERRANO

DIRECTOR: INGENIERO LUIS FRANCISCO MARTINEZ PARADA.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
GUSTAVO RAFAEL RINCON SANCHEZ	1113166	4,2	CUATRO, DOS
JHON BREINER SANDOVAL TORO	1113165	4,2	CUATRO, DOS

A P R O B A D A



ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO

ING. VICTOR ORLANDO MUTIS SERRANO



Vo. Bo. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

GUSTAVO RAFAEL RINCON SANCHEZ identificado(s) con la C.C. N° 1.091.658.941 y JHON BREINER SANDOVAL TORO identificado(s) con la C.C. N° 1.091.675.611, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado ESTUDIO DE TRANSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA GLORIETA EL CLARET, EN LA CIUDAD DE SAN JOSE DE CUCUTA, NORTE DE SANTANDER. Presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de INGENIERIA CIVIL; autorizo (amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.


FIRMA Y CEDULA
CC N° 1.091.658.941


FIRMA Y CEDULA
CC N° 1.091.675.611

Contenido

	pág.
Introducción	16
1. Problema	18
1.1 Título	18
1.2 Planteamiento del Problema	18
1.3 Formulación del Problema	19
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 Justificación	20
1.6 Alcances y Limitaciones	21
1.6.1 Alcances	21
1.6.2 Limitaciones	21
2. Marco Referencial	22
2.1 Antecedentes	22
2.1.1 En el ámbito internacional	22
2.1.2 En el ámbito nacional	25
2.1.3 En el ámbito regional	28
2.2 Marco Teórico	29
2.2.1 Funcionamiento de las glorietas	29
2.2.2 Capacidad de glorietas	32
2.2.3 Análisis de simulación	37
2.3 Marco Conceptual	41

2.4 Marco Contextual	44
2.5 Marco Legal	45
3. Metodología	50
3.1 Tipo de Investigación	50
3.2 Población y Muestra	50
3.3 Instrumentos para la Recolección de la Información	51
3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos	52
4. Resultados	54
4.1 Obtener la Demanda del Flujo Vehicular (Cantidad y Composición) de la Glorieta El Claret	54
4.1.1 Determinación de la demanda del flujo vehicular	56
4.1.2 Determinación del tipo de vehiculo que transita por la glorieta	59
4.1.3 Cantidad de vehículos que transitaron cada día observado por entrada	61
4.1.4 Cantidad de vehículos global por entradas	66
4.1.5 Tipos de vehículos que ingresan por día	66
4.1.6 Tipo de vehiculo por entrada	69
4.2 Determinar el Tránsito Promedio Diario en Horas de Mayor Demanda	74
4.2.1 Transito vehicular por horario	77
4.2.2 Transito promedio por día	78
4.2.3 Tipo de vehiculo por horario	82
4.2.4 Volumen máximo horario	85
4.3 Efectuar los Análisis de Tránsito en la Intersección Considerada, Mediante la Herramienta PTV Vissim, Bajo Dos Escenarios de Solución	88
4.3.1 Procedimiento para el análisis del tráfico	89

4.3.1.1 Ajuste de la escala	92
4.3.1.2 Creación de la red vial	93
4.3.1.3 Análisis del conflicto	96
4.3.1.4 Velocidades por áreas	99
4.3.2 Escenarios de revisión	100
4.3.2.1 Escenario 1: Señalización de parada	101
4.3.2.2 Escenario 2: Creación de pasos peatonales	103
4.3.2.3 Escenario 3: Demarcación vial	104
4.3.3 Selección de alternativas	106
4.3.3.1 Matriz de doble impacto	106
5. Conclusiones	108
6. Recomendaciones	110
Referencias Bibliográficas	111

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Reporte de fallecido por accidente de tránsito	19
Figura 2. Funcionamiento de una glorieta	30
Figura 3. Ecuacion	33
Figura 4. Ecuacion	34
Figura 5. Parámetros Geométricos del Método TRL	35
Figura 6. Ecuación	35
Figura 7. Modelo de Capacidad del HCM2010	37
Figura 8. Ejemplo de usos de links y conectores en una glorieta	40
Figura 9. Panorámica de la glorieta el Claret	45
Figura 10. Composición del Flujo vehicular	60
Figura 11. Cantidad de vehículos por día	61
Figura 12. Entradas a la redoma El Claret	62
Figura 13. Cantidad de vehículos que transitaron el día lunes por entrada	63
Figura 14. Cantidad de vehículos que transitaron el día miércoles por entrada	64
Figura 15. Cantidad de vehículos que transitaron el día sábado por entrada	65
Figura 16. Tipos de vehículos que ingresan el día lunes	67
Figura 17. Tipos de vehículos que ingresan el día miércoles	68
Figura 18. Tipos de vehículos que ingresan el día sábado	69
Figura 19. Tipos de vehículos por la entrada 1 (Este- Oeste)	70
Figura 20. Tipos de vehículos por la entrada 2 (Norte- Sur)	71
Figura 21. Tipos de vehículos por la entrada 3 (Oeste- Este)	72
Figura 22. Tipos de vehículos por la entrada 4 (Sur- Norte)	73

Figura 23. Formula de Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)	74
Figura 24. Cantidad de vehículos en promedio	76
Figura 25. Cantidad de vehículos en términos porcentuales que en promedio transitan por la vía	77
Figura 26. Transito porcentual de vehículos por horario	78
Figura 27. Transito en promedio el día lunes por horario	79
Figura 28. Transito en promedio el día miércoles por horario	80
Figura 29. Transito en promedio el día sábado por horario	81
Figura 30. Tipo de vehiculo en el horario de las 6:00 a 8:00am	82
Figura 31. Tipo de vehiculo en el horario de las 11:30 a 1:30am	83
Figura 32. Tipo de vehiculo en el horario de las 5:30pm a 7:30pm	84
Figura 33. Flujo Vehicular Maximo Horario	88
Figura 34. Distancia de intersección de la glorieta El Claret	89
Figura 35. Búsqueda geográfica del punto	90
Figura 36. Selección de Colombia	90
Figura 37. Selección del Norte de Santander	91
Figura 38. Selección de la ciudad de Cúcuta	91
Figura 39. Selección de la Glorieta El Claret	92
Figura 40. Relación de escala	92
Figura 41. Diseño a escala de la redoma	93
Figura 42. Diseño de la red vial	94
Figura 43. Información de alimentación para el programa VISSIM	96
Figura 44. Diseño del esquema de entrada y salida según los datos obtenidos	96
Figura 45. Zonas de conflicto	97

Figura 46. Ecuación para cálculo de capacidad de la rotonda	97
Figura 47. Identificación de la vía	99
Figura 48. Modelación de circulación	100
Figura 49. Señalización de pare en la entrada 3, orientación Oeste-este (vía El Zulia-Cúcuta)	101
Figura 50. Señalización de pare en la entrada 1, orientación Este-Oeste (Transversal 17)	102
Figura 51. Acercamiento de una señalización de pare generada por el programa	102
Figura 52. Paso peatonal en la entrada 1	103
Figura 53. Paso peatonal en la entrada 2 a la rotonda	104
Figura 54. Punto seleccionado para la colocación de señales	105
Figura 55. Ejemplo de señalización vertical	106

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Intervalos críticos y de seguimiento propuestos por el HCM2010	36
Tabla 2. Modelos de Capacidad del HCM2010 para diferentes configuraciones	36
Tabla 3. Parámetros establecidos para la recolección de la información	51
Tabla 4. Características de los carriles de la glorieta el Claret	55
Tabla 5. Dimensiones de la glorieta	56
Tabla 6. Flujo vehicular día lunes	57
Tabla 7. Flujo vehicular día Miércoles	58
Tabla 8. Flujo vehicular día sábado	59
Tabla 9. Flujo vehicular	60
Tabla 10. Cantidad de vehículos por día	61
Tabla 11. Cantidad de vehículos que transitaron el día lunes por entrada	62
Tabla 12. Cantidad de vehículos que transitaron el día miércoles por entrada	64
Tabla 13. Cantidad de vehículos que transitaron el día sábado por entrada	65
Tabla 14. Tipos de vehículos que ingresan el día lunes	67
Tabla 15. Tipos de vehículos que ingresan el día miércoles	68
Tabla 16. Tipos de vehículos que ingresan el día sábado	69
Tabla 17. Tipos de vehículos por la entrada 1 (Este- Oeste)	70
Tabla 18. Tipos de vehículos por la entrada 2 (Norte- Sur)	71
Tabla 19. Tipos de vehículos por la entrada 3 (Oeste- Este)	72
Tabla 20. Tipos de vehículos por la entrada 4 (Sur- Norte)	73
Tabla 21. Cantidad de vehículos en promedio	76
Tabla 22. Transito vehicular por horario	78

Tabla 23. Transito en promedio el día lunes por horario	79
Tabla 24. Transito en promedio el día miércoles por horario	80
Tabla 25. Transito en promedio el día sábado por horario	81
Tabla 26. Tipo de vehiculo en el horario de las 6:00 a 8:00am	82
Tabla 27. Tipo de vehiculo en el horario de las 11:30 a 1:30pm	83
Tabla 28. Tipo de vehiculo en el horario de las 5:30 a 7:30pm	84
Tabla 29. Volumen máximo horario	87
Tabla 30. Tablas de información para la alimentación del programa	95
Tabla 31. Circulación por entrada	104
Tabla 32. Matriz de doble impacto	107

Resumen

Este proyecto trata acerca de un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta del Claret, en la ciudad de san José Cúcuta, Norte de Santander. Para ello, se realizó una investigación descriptiva- correlacional donde se tomó como eje principal el estudio la accidentabilidad en la glorieta El Claret. La recolección de información se obtuvo a través de datos recolectados en diferentes horas y diferentes días, mediante lista de cotejo, también se recurrió a un análisis documental mediante tesis, libros e Internet. La población y muestra esta conformada por actores claves, entre ellos datos históricos y estadísticos que se tomarán en trabajo de campo. Se logró, realizar un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta el Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander. Se realizó, la toma información de campo para los estimativos de tránsito. Seguidamente, obtuvo la demanda del flujo vehicular (cantidad y composición) de la glorieta el Claret. Posteriormente, se determinó el Tránsito Promedio Diario en horas de mayor demanda. Finalmente, se efectuaron los análisis de tránsito en la intersección considerada, mediante la herramienta PTV Vissim, bajo diferentes escenarios de revisión.

Abstract

This project deals with a study of traffic, capacity and service level of the Claret roundabout, in the city of San José Cúcuta, Norte de Santander. For this, a descriptive-correlational investigation was carried out where the study of accident in the El Claret roundabout was taken as the main axis. The collection of information was obtained through data collected at different times and on different days, by means of a checklist, a documentary analysis was also used through theses, books and the Internet. The population and sample is made up of key actors, including historical and statistical data that will be taken in field work. It was possible to carry out a traffic, capacity and service level study of the El Claret roundabout, in the city of San José Cúcuta, Norte de Santander. Field information was taken for traffic estimates. Subsequently, he obtained the demand for the vehicular flow (quantity and composition) of the El Claret roundabout. Subsequently, the Average Daily Traffic was determined during peak demand hours. Finally, traffic analyzes were performed at the intersection considered, using the PTV Vissim tool, under different review scenarios.

Introducción

Debido al crecimiento vehicular en la ciudad de Cúcuta, representado en un 16,5% en comparación con el año 2017, según el diario El Tiempo (2018) es lógico que se presente congestión y problemas relacionados con la circulación, sobre todo en horas pico. La glorieta El Claret, ubicada en el barrio homónimo de la ciudad de Cúcuta, se caracteriza por ser de tipo circular en donde los vehículos se desplazan en sentido de las manecillas del reloj. La característica fundamental es que los vehículos que se encuentran dentro del anillo de circulación tienen prioridad sobre los vehículos que se encuentran en las diferentes entradas, disminuyendo considerablemente la velocidad a la vez que disminuye también los puntos de conflictos de dicha intersección (Daniels, Brijs, Nuyts & Wets, 2010).

En lo que respecta a la movilidad produce mayor capacidad que las intersecciones señalizadas e incluso iguala o supera la capacidad de las intersecciones semaforizadas. Por lo tanto, se hace fundamental realizar un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta del Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander, para mitigar la accidentabilidad vial.

Para ello, se plantea el presente anteproyecto organizado de la siguiente manera: En el capítulo uno se describe el título con su correspondiente planteamiento del problema, justificación, objetivos, alcances y limitaciones.

En el capítulo 2 se presenta el estado del arte, en donde se ha realizado un análisis de los proyectos con más similitud a nivel internacional, nacional y regional que comprenden 2013 a 2017, seguido por la descripción del marco teórico, contextual, conceptual y legal

En el capítulo 3 se presenta la metodología, que incluye los actores clave, los instrumentos y las fases de desarrollo de la investigación.

El capítulo 4 genera una descripción detallada de la administración del proyecto, con los respectivos recursos humanos, materiales y financieros, dando a conocer el presupuesto y cronograma de actividades para el cumplimiento de cada objetivo específico planteado.

Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas que enmarcan el desarrollo de la investigación.

1. Problema

1.1 Título

ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA GLORIETA DEL CLARET, EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER.

1.2 Planteamiento del Problema

La glorieta del Claret ubicada en la ciudad de Cúcuta, constituye uno de los ejes estructuradores principales del transporte en el barrio del mismo nombre; y que, por ende, debido a la alta tasa de crecimiento vehicular experimentado en la ciudad, se ha evidenciado problemas referentes a congestionamientos y a un alto índice de accidentes. Convirtiéndose, en uno de los puntos críticos de la red vial de la ciudad de Cúcuta; identificándose, según cifras estipuladas por la dirección de tránsito, un número significativo de accidentes de tránsito en el curso de los últimos años (La Opinión, 2018).

Por lo tanto, para atender las demandas futuras de la movilidad vial como lo expresan el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021, cuya meta es “reducir en el 25% la mortalidad a causa de siniestros de tránsito” (Alcaldía de San José de Cúcuta, 2015, p.4). Siendo en este corredor vial, un punto donde con frecuencia se generan accidentes, dejando una cantidad preocupante de personas accidentadas como lo reporta el Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV), 2016-2017 y (La Opinión, 2018). Teniendo en cuenta que la norma vigente NDGC, no dispone de una sección para determinar la capacidad de la glorieta, por lo que es necesario generar una evaluación de las últimas metodologías de cálculo de capacidad utilizadas a nivel mundial, con el

fin de establecer la metodología que refleje de mejor manera el impacto que tienen los parámetros geométricos en dicha capacidad.



Figura 1. Reporte de fallecido por accidente de tránsito

Fuente: La Opinión, 2018.

Finalmente, lo que se busca con esta investigación, es realizar el estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta del Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander, con lo cual se beneficiará directamente a todos los usuarios que diariamente transitan por esta intersección.

1.3 Formulación del Problema

¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para realizar el estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta del Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Realizar un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta el Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander.

1.4.2 Objetivos específicos. Tomar información de campo para los estimativos de tránsito.

Obtener la demanda del flujo vehicular (cantidad y composición) de la glorieta el Claret.

Determinar el Tránsito Promedio Diario en horas de mayor demanda

Efectuar los análisis de tránsito en la intersección considerada, mediante la herramienta PTV Vissim, bajo diferentes escenarios de revisión.

1.5 Justificación

Se espera con la presente investigación, hacer un aporte a las Políticas municipales para la seguridad vial de la ciudad de Cúcuta, entre ellas la implementación de medidas para la intervención integral en puntos críticos, (Ministerio de Transporte, 2014). El cual, como lo mencionan las cifras anteriores, existe una urgencia por plantear medidas preventivas que frenen las tendencias actuales, ya que también se ha convertido en factor de impacto económico.

Una glorieta o redoma al ser comparado con otro tipo de intersecciones genera mayor seguridad, debido a que disminuye en un 42% los accidentes en comparación con una intersección señalizada y en un 32% cuando previamente existía una intersección semafórica; siendo esta reducción más fuerte cuando una existe una glorieta o redoma en vías de alta circulación, entre 90 y 50 km/h (Brabander & Vereeck, 2006).

Los resultados permitirán determinar aspectos muy importantes para el control de accidentes en la ciudad, como la obtención de la demanda del flujo vehicular (cantidad y composición) de la glorieta el Claret, determinando así el tránsito promedio diario en horas de mayor demanda, y de esta manera contribuir a que Tránsito Municipal, pueda aplicar medidas de intervención, para reducir considerablemente los altos niveles de congestión vial en dicha redoma.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances. Lograr mitigar las cifras de accidentabilidad, generando datos que permitan mejorar la capacidad y nivel de servicio de la redoma El Claret, con lo cual se beneficiará directamente a todos los usuarios que diariamente transitan por esta intersección vial.

1.6.2 Limitaciones. Contar con el tiempo estipulado para el desarrollo de la propuesta y la información dada por la Secretaría de Tránsito Municipal.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Los antecedentes de la investigación se refieren a la revisión de trabajos previos sobre el tema en estudio, realizados en instituciones de educación superior, en el ámbito internacional, nacional y regional. Constituyen fuentes primarias, ya que aportan los datos del estudio, sean de naturaleza numérica o verbal: muestra, población, categorías emergentes, resultados y validaciones, entre otros; por lo tanto se enuncian a continuación, los trabajos investigativos encontrados, y que más similitud tienen con el tema objeto de estudio.

2.1.1 En el ámbito internacional. Se ve a continuación:

Ríos (2018) Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con Infracore y Synchro 8. Objetivos de la investigación: Realizar un diagnóstico de la situación actual en la Av. Cáceres que revele las fallas técnicas en el sistema vial y así proponer soluciones a mediano y largo plazo desde un punto de vista técnico-económico mediante softwares de simulación y análisis de tránsito como INFRAWORKS y SYNCHRO 8 con metodología HCM 2010 y normativa MTC DG-2018. Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo: Infracore 360 y Synchro 8.0

Resultados y conclusiones más importantes: El estudio llevado a cabo, evidencia que, la intersección de la Av. Cáceres, cuenta con niveles muy bajos., que, de no ser atendidos de la manera adecuada, darán lugar a una creciente complicación fundamentada principalmente, en el acentuado crecimiento del tránsito registrado en la ciudad. Se evidencia además que. Uno de los principales aspectos que incide en la ocurrencia de demoras, está relacionado con las fallas

técnicas que no se han solventado por las autoridades competentes. Se ha podido concluir, que los espacios viales del país peruano, debido al crecimiento de vehículos dispuestos para el tránsito en las diferentes ciudades, y específicamente en la intersección de la Avenida Cáceres, requieren de aplicar una reestructuración que dé lugar a su adecuación a lo que representan los estándares técnicos de países considerados como potencias mundiales.

Pereda & Montoya (2018) Estudio y optimización de la red vial Avenida América sur, tramo prolongación César vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo. Objetivos de la investigación: Realizar un estudio del tráfico vehicular actual, en la avenida América Sur tramo Prolongación César Vallejo – avenida Ricardo palma, Trujillo, La Libertad, con el fin de identificar los problemas concernientes al tráfico vehicular, considerando como uno de los mayores problemas actuales en la ciudad de Trujillo, el crecimiento del parque automotor, que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana.

Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo: Metodología de R. Akcelik y F.V. Webster

Resultados y conclusiones más importantes: Se ha podido evidenciar que, la vía estudiada está debidamente diseñada para ser una carretera que entra en el rango de segunda clase, ya que cumple con las medidas necesarias para ello, lo cual refleja que se cumple con la normatividad establecida por el Estado, para este tipo de proyectos. Cabe destacar que, se encontró solo una anomalía, en la intersección de La Marina, puesto que, ésta última sobrepasa las medidas de ancho debidamente requeridas. Se puede concluir entonces que, la implementación del bypass, si ha arrojado resultados satisfactorios en lo que respecta al tráfico en dicha intersección. El aporte a la presente investigación, está fundamentado en la necesidad de conocer cuáles son algunas de las

técnicas que se pueden emplear para obtener resultados positivos, en la resolución de una problemática relacionada con vías de tránsito.

Román (2016) Rediseño de la intersección Max Uhle y paseo de las Cañaris para mejorar su nivel de servicio. Objetivos de la investigación: Rediseñar la intersección, buscando la mejora de sus servicios. Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo:

Resultados y conclusiones más importantes: Los resultados evidencian que, el redonda el con paso deprimido, se encuentra en condiciones adecuadas, a pesar de haber sido diseñado y construido 20 años antes, pues, presenta una estructura bien acentuada y firme. Por todo ello, las mejoras a aplicar en dicho punto específico, estarán relacionadas a la implementación de medidas de gerencia de tránsito, entre las que puede figurar, la prohibición del tránsito de vehículos pesados por dicho paso, para de ese modo, evitar su deterioro y disminuir o erradicar lo que representan los conflictos vehiculares, los cuales tienen gran incidencia u ocurrencia en el mencionado paso. Se ha podido concluir que, las acciones propuestas a implementar, propiciarán una mejora significativa de lo que respecta al tránsito y por tanto la calidad de vida de los transeúntes.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID) Taddia, Pinto Rodríguez & Peña (2014) Centro Internacional de Formación para Autoridades Locales (CIFAL) Rafael Cesar da Costa Rubén Saucedo. “Fortaleciendo al sector académico para reducir los siniestros de tránsito en América Latina: Investigaciones y Casos de Estudio en Seguridad Vial” Objetivos de la investigación: Íntimamente ligado a la cuestión de investigación y estudios acerca de la visualización 3D, y uso del simulador de manejo para aumento de la seguridad vial, varios son los objetivos y metas que forman parte de las intenciones de estudio de este proyecto: • Proveer al país de un centro con

tecnología moderna y multidisciplinaria, con simulador dinámico de conducción virtual, para estudios sobre la seguridad de las vías, especialmente en la Década de Acción para la Seguridad Vial 2011 - 2020. • Estudiar el comportamiento del conductor brasileño frente a los dispositivos de seguridad y condiciones de las vías e interpretar posibles causas, hoy, del alto índice de muertes en el tránsito en Brasil.

Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo: La metodología utilizada en el desarrollo del proyecto involucró cuatro aspectos principales: revisión de literatura, selección y planteamiento del modelo matemático, análisis y georreferencia de los datos de accidentalidad de la ciudad de Medellín y, por último, implementación computacional del modelo.

Resultados y conclusiones más importantes: Como puede verse, en la Tabla 1, los escenarios I y II mejoran la calidad del servicio Q con respecto al escenario base, gracias al aumento en el número de ambulancias, encontrado con el MEXCLP. En ambos casos, Q es mayor al 97%. La comparación con el escenario base muestra una notable mejora en la calidad del servicio para el turno diurno (7h-19h). Allí, el escenario base reporta un valor Q de sólo el 49%. Esta baja calidad del servicio puede explicarse principalmente por la falta de disponibilidad de ambulancias, prevista por la alta ocupación del sistema = 83% (encontrada con 6 ambulancias). Mientras que el escenario base no cubre un tercio de los barrios de la ciudad (88 de 271), los escenarios I y II dejan muy pocos barrios no cubiertos, 3 y 10, respectivamente

2.1.2 En el ámbito nacional. Se explica a continuación:

Farinango & Riaño (2016) 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. Objetivos de la investigación: Realizar un estudio de tránsito para plantear

posibles soluciones viales a desnivel de la intersección de la Carrera 8 entre Calles 25 y 26, que permitan mejorar la movilidad en este sitio

Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo: Aforos vehiculares, cámaras de video, y programa de simulación TSIS (Traffic Software Integrated System)

Resultados y conclusiones más importantes: Los resultados de la simulación indican, que en el caso 2, se evidencia una disminución en lo que representan los flujos principales en comparación con la situación 1, con un 63.9% y en el caso 2 se observa una disminución de los flujos principales en comparación a la situación 1 con un 44.1%. A manera de conclusión, se puede decir que, a pesar de que es valiosa la información obtenida a través del estudio, para dar lugar a un resultado más certero y acertado, será necesario llevar a cabo una verificación de la cantidad de personas que se movilizan o trasladan a en vehículos a través de la zona objeto de estudio, para de esa manera, poder obtener y manejar datos más exactos. El aporte a la presente investigación, tiene que ver con tener el conocimiento adecuado acerca de los aspectos que se deben tener en cuenta para que la implementación del estudio, arroje los resultados más certeros y exactos posibles, de acuerdo a la meta u objetivo que se desea alcanzar con la implementación del estudio.

Farinango & Riaño (2016) Análisis del flujo de tráfico vehicular a través de un modelo macroscópico. Objetivos de la investigación: Describir el flujo vehicular en un congestionamiento tráfico, a través de la introducción de un modelo macroscópico. Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo: Modelo Macroscópico

Resultados y conclusiones más importantes: Aunque el modelo desarrollado aquí se enfocó a una situación muy específica de tramo congestionado, con él ha sido posible obtener una solución

analítica para la fluidez óptima del paso de vehículos sin recurrir a los métodos numéricos y se ha obtenido, de manera sencilla, la relación fundamental del flujo vehicular, cuya gráfica reproduce el comportamiento característico de diagramas fundamentales de flujo vehicular que se obtienen al tratar casos más realistas, empleando modelos más sofisticados. El modelo podría replantearse para considerar otras situaciones específicas de tráfico, tales como vialidades de dos o más carriles, la presencia de varios tipos de vehículos, e incluso considerar otro tipo de situaciones físicas que generan congestión, tales como reducciones de la capacidad vial de las carreteras, como sucede en los tramos llamados “cuellos de botella”, o aquellos congestionamientos ocasionados en tramos que se intersectan con otras vialidades. En el futuro nuestra investigación estará enfocada hacia dichas situaciones. En este trabajo, también buscamos despertar el interés de los lectores para estudiar un tema de investigación interdisciplinario actual y este desarrollo podría servir, como punto de partida, para incursionar en esta disciplina, ya que se sientan las bases y el lenguaje apropiado sobre dinámica vehicular.

Zafra & Pedraza (2014) Estudio de factibilidad de pasos peatonales y mecanismos de seguridad vial sobre la Avenida Demetrio Mendoza desde la redoma de San Luis hasta el peaje vial Ureña. Objetivos de la investigación: Estudiar la factibilidad de proyectos relacionados al desarrollo o establecimiento de pasos peatonales y mecanismos de seguridad vial sobre la Avenida Demetrio Mendoza, desde la redoma de San Luis hasta el peaje vial Ureña. Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo: Estudio descriptivo

Resultados y conclusiones más importantes: Existe una acentuada problemática en la zona objeto de estudio, que requiere de la implementación de las medidas que se consideren necesarias, para dar lugar a su pronta solución. Se ha podido evidenciar por tanto que, resulta factible llevar a cabo la implementación de pasos peatonales y mecanismos de seguridad vial en

la Avenida, puesto que, están dadas las condiciones necesarias para que se desarrolle el mencionado proyecto, ya que la zona cuenta con las características adecuadas para ello. Se ha podido concluir que, es necesario que las autoridades competentes para solucionar problemáticas de tal índole, deben propiciar los escenarios adecuados, para que se de lugar a la mejora significativa de las condiciones de vías que son tan transitadas por peatones, ya que éstas últimas corren el riesgo de ser atropellados por los vehículos que por allí transitan.

2.1.3 En el ámbito regional. Se explica a continuación:

Ruedas & Gómez (2016) Análisis de la percepción del riesgo de los accidentes de tránsito con motocicletas por medio de una encuesta en Ocaña Norte de Santander. Objetivo de la investigación: Realizar un análisis de la percepción del riesgo de los accidentes de tránsito a los motociclistas en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander aplicando una encuesta

Metodología utilizada para el desarrollo del trabajo: Se tuvo en cuenta una metodología descriptiva correlacional, con un enfoque cuantitativo, con base en la modelación Biogeme.

Resultados y conclusiones más importantes: Este proyecto permitió elaborar modelos calibrados en Biogeme utilizando la distribución Multinomial a partir de la información recolectada por medio de encuestas, aportando un conocimiento en la rama de seguridad vial, tránsito y transporte sobre el análisis de la percepción del riesgo que los conductores con motocicleta tienen en el momento que transita por las diferentes calle de Ocaña , utilizando programas estadísticos y realizando investigaciones sobre proyectos relacionados con el tema. A partir de los datos recolectados de las encuestas fue posible la modelación en Biogeme de modelos que permitieron mostrar resultados específicos de las principales causas que originan un accidente de tránsito. Del análisis probabilístico pudimos concluir que el género masculino tiende

a sufrir accidentes con lesiones graves cuando el conductor ocupa un solo carril y por cualquier de las causas (Exceso de velocidad, Mal estado de la vía, Imprudencia propia, Imprudencia de otro, Mala señalización, Mal estado de la moto), cuando su motocicleta tiene un cilindraje en un rango de entre 100-200cc.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Funcionamiento de las glorietas. Cuando los conductores se acercan a la entrada de una rotonda deben tomar dos decisiones básicas: primero, seleccionar el carril apropiado para su destino, y segundo, “ceder el paso” a los que tienen prioridad, es decir a los que circulan por la rotonda. El proceso de toma de decisiones dentro de las rotondas es generalmente más complejo que para otros tipos de intersecciones, sobre todo porque el conductor no siempre puede ver la salida. Además, debido a que la intersección es curva, obliga a los conductores a cambiar poco a poco su dirección, lo que podría desorientar a los otros conductores sobre su destino. La decisión de “ceder el paso”, produce una negociación en varios puntos de la rotonda, pese a que está normalmente reglamentada la prioridad. Los conductores deben elegir un intervalo aceptable en el que puedan entrar dentro del flujo conflictivo de la rotonda. Muchos procedimientos para hacer análisis de capacidad en rotondas se basan en modelos estocásticos.

De acuerdo a esto, la capacidad depende de la disponibilidad de los intervalos y la aceptación de éstos por parte de los conductores que ingresan al tránsito de circulación. Según Raff (1950) la corriente principal (en este caso el flujo conflictivo) se puede interpretar como una oferta continua de intervalos que el conductor debe aceptar o rechazar según su criterio personal. En la Figura 2 se esquematiza el funcionamiento de una rotonda.

La teoría de aceptación de intervalos fue definida por Harders (Harders, 1968) en Alemania y por Siegloch en 1973 (Siegloch, 1973) y (Troutbeck y Brilon, 1996). Los manuales de capacidad de Alemania, de Estados Unidos de Norteamérica y suizo contemplan este criterio. Esta teoría asume que el comportamiento de los conductores es consistente y homogéneo. Las fuentes consultadas coinciden en que no es posible medir directamente los intervalos críticos, sólo se puede observar un conductor, aceptando o rechazando intervalos. Bajo un comportamiento coherente, un intervalo aceptado es una marca superior para el intervalo crítico del conductor. Las bajas velocidades en una rotonda facilitan este proceso de aceptación (NCHRP 672, 2010). La eficiencia en la operatividad de las rotondas es mayor cuando las velocidades de circulación son menores. Este fenómeno se debe a que si el tránsito circulante es más rápido, los intervalos serán más pequeños para que el tránsito que entra los pueda aceptar cómodamente, es decir, puedan acelerar e ingresar al mismo. De esta forma habrá una menor cantidad de intervalos aceptables con un mayor número de vehículos acumulados en la entrada, lo que se traduce en demora para entrar a la rotonda.

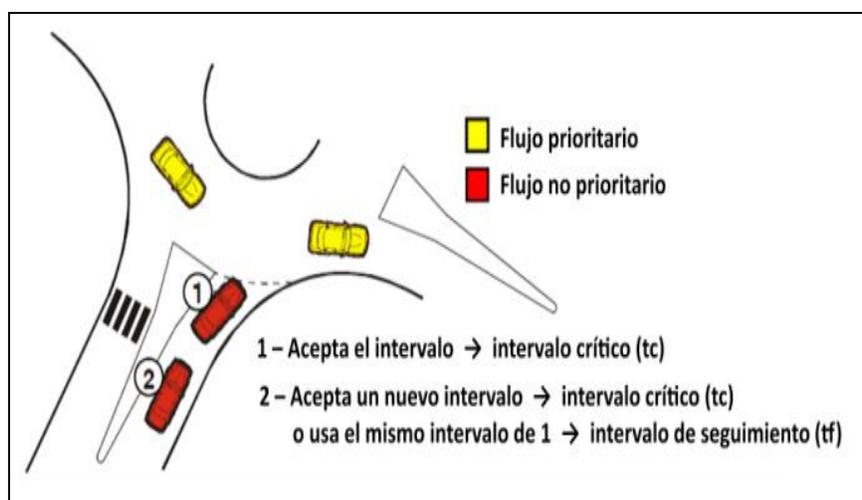


Figura 2. Funcionamiento de una glorieta

Cuando el volumen conflictivo se aproxima a cero, el máximo volumen de entrada está dado por 3.600 segundos por hora dividido por el intervalo de seguimiento, lo que es análogo al flujo de saturación para un movimiento que recibe verde en una intersección señalizada (NCHRP 572, 2007). En resumen, el rendimiento operativo de rotondas depende, por un lado del comportamiento de los conductores al disponer intervalos en la corriente conflictiva. Por otro lado, al igual que otras intersecciones, su operación está influenciada por su geometría (número de carriles, ancho de entradas, diámetro, etc.).

Estimación de los intervalos críticos y de seguimiento. Para estimar los parámetros de intervalo crítico (t_c) e intervalo de seguimiento (t_f) existen varias técnicas. Por un lado, para determinarlos de forma conjunta se tiene el análisis de regresión (entre el número de conductores que aceptan un intervalo dado versus el tamaño de dicho intervalo). Para ello debe existir cola continua en las ramas que entran en la rotonda. Por otro lado para estimarlos separadamente, el Método de Máxima Verosimilitud para encontrar el intervalo crítico ha demostrado ser muy eficiente (Troutbeck, 1992; Kyte et al., 1996; Brilon et al., 1997) y una Medición Directa permitirá obtener, mediante el promedio, los tiempos de seguimiento.

Además existe la posibilidad de estimación conjunta mediante la relación entre la capacidad de la entrada (C) y del volumen conflictivo (VC) medidos en campo (Depiante y Galarraga, 2013). El modelo de máxima verosimilitud utiliza los valores individuales de los intervalos medidos. Sólo se consideran el máximo intervalo rechazado y el intervalo aceptado de cada vehículo, haciéndose dos supuestos: una distribución log-normal para los intervalos críticos y que el comportamiento de los conductores es a la vez homogéneo y consistente. El intervalo crítico corresponde a la media de los intervalos críticos de los conductores y se utiliza para representar la conducta global de la población.

Para poder determinar el intervalo de seguimiento por Medición Directa, deben promediarse los intervalos medidos de los vehículos que se encuentran en cola e ingresan en un mismo intervalo del flujo conflictivo o circulante de la rotonda. Es requisito indispensable para poder efectuar el cálculo, que dichos vehículos se encuentren en cola. El método de regresión lineal consiste en ajustar una función al conjunto de datos dados, para obtener una relación empírica de predicción y proporcionar un modelo teórico que no está disponible (Canavos, 1988). Para el caso de este trabajo, debe determinarse una ecuación matemática sencilla que describa el comportamiento de la variable respuesta (intervalo), dados los valores de la variable de predicción (el número de autos que ingresan en un intervalo). Así se establece un grado de asociación entre estas variables.

2.2.2 Capacidad de glorietas. La capacidad determina el desempeño de una redoma o glorieta, según lo expuesto en el libro de Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones, (Bastos, Santos, Vasconcelos, Seco, & Silva, 2014) es:

El número máximo de vehículos que razonablemente pueden atravesar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

A partir del análisis de la capacidad, es posible medir cual es la calidad de operación, la cual se realiza mediante el nivel de servicio o por sus siglas en inglés LOS (Level of Service”), esta es una medida cualitativa que refleja la calidad de operación en función de la percepción de los conductores. (Bastos, et al, 2014).

Con el fin de evaluar la evolución en términos de la metodología utilizada para el cálculo de la capacidad de este tipo de intersecciones en Colombia, nos remontaremos a la norma del año

2003 NDGC, En el Anexo 1 se identificó que, para el análisis de la capacidad, se utiliza el principio de longitud de entrecruzamiento. Esta norma no presenta ninguna guía para el cálculo, pero menciona en términos de tráfico que:

Una rotonda no opera satisfactoriamente cuando los volúmenes de tránsito en uno o más ramales de la intersección alcanzan su capacidad simultánea. Estiman que un valor total de 3.000 v.p.h (vehículos por hora) llegando por todos los ramales de acceso es la máxima capacidad práctica para rotondas de tipo superior.

Métodos para determinar la capacidad de las Glorietas:

Método TRL: Este modelo estadístico, se basa en el análisis de 88 rotondas con más de 11.000 minutos de recolección de datos, en donde se han deducido las siguientes fórmulas a partir de regresiones no lineales (ver ecuación 5 y 6), en la cual se relaciona la capacidad de las entradas en base al flujo del anillo de circulación y parámetros que dependen de la geometría de la entrada.

Para Portugal este modelo es el que más se aproxima a la capacidad geométrica observada, pero una de sus desventajas es que tiende a sobredimensionar la capacidad en un 25% en promedio [6].

$$\begin{array}{ll}
 Q_e = K * (F - f_c * Q_c) & \text{sí } f_c * Q_c < F \text{ Ecuación 5} \\
 Q_e = 0 & \text{sí } f_c * Q_c > F \text{ Ecuación 6}
 \end{array}$$

Figura 3. Ecuacion

Dónde:

Son parámetros dependientes de las características geométricas de la entrada y de la rotonda, para encontrar dichos valores se presentan las ecuaciones.

$K = 1 - 0.00347 * (\varphi - 30) - 0.978 * \left\{ \frac{1}{r} - 0.05 \right\}$	<i>Ecuación 7</i>
$F = 303 * X_2$	<i>Ecuación 8</i>
$f_c = 0.21 * t_p * (1 + 0.2 * X_2)$	<i>Ecuación 9</i>
$t_p = 1 + \left(\frac{0.5}{1+M} \right)$	<i>Ecuación 10</i>
$M = \exp\left(\frac{DCI-60}{10}\right)$	<i>Ecuación 11</i>
$X_2 = \exp\left(\frac{DCI-60}{10}\right)$	<i>Ecuación 12</i>
$S = 1.6 * \left(\frac{e-v}{l'} \right)$	<i>Ecuación 13</i>

Figura 4. Ecuacion

Dónde:

v = Ancho de la vía en la aproximación de la rotonda.

e = Ancho efectivo de la entrada junto a la línea de cedencia de prioridad y perpendicular a la isla separadora.

En la Figura se presenta los parámetros geométricos utilizados en el modelo TRL.

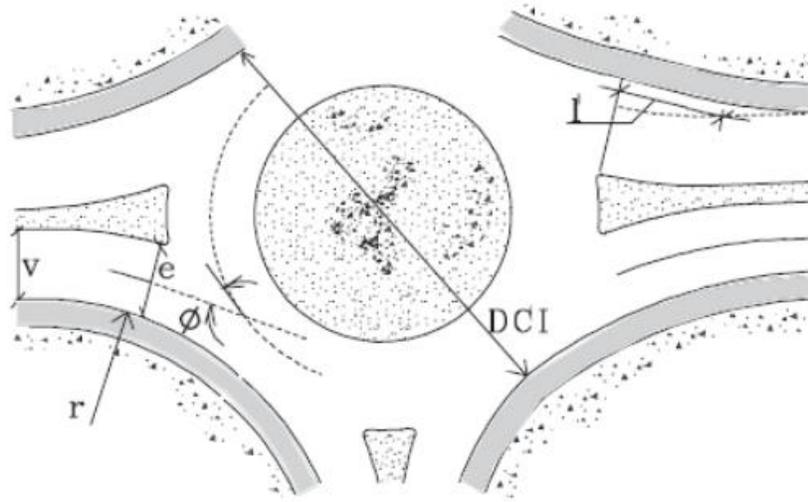


Figura 5. Parámetros Geométricos del Método TRL

Fuente: Bastos & Mala, 2010

Método HCM. En el modelo del HCM2010, Ecuación 1, la capacidad se ha desarrollado como una expresión exponencial coincidiendo con el modelo de Sieglöch (Kyte et al., 1996) y propuesto para rotondas (NCHRP 572, 2007) con estimaciones de los parámetros A y B sobre la base de teoría de la aceptación de intervalos en función de los intervalos crítico y de seguimiento como se muestra en las Ecuaciones 2 y 3. El parámetro A que afecta a la exponencial depende solamente del valor del intervalo de seguimiento, en cambio el parámetro B también depende del valor del intervalo crítico.

donde:	$c = Ae^{-Bv_c}$	(1)
$A = \frac{3600}{t_f}$	$B = \frac{t_c - t_f / 2}{3600}$	(2 y 3)

Figura 6. Ecuación

Dicha relación permite obtener la capacidad de la entrada a partir de flujo conflictivo si se calculan los parámetros A y B a partir de los valores de intervalos críticos y de seguimiento. La Tabla 1 muestra los valores de los intervalos críticos y de seguimiento para la realidad norteamericana y la Tabla 2 los modelos para estimar la capacidad de cada carril de entrada para las distintas geometrías de la rotonda para esos valores de intervalos.

Tabla 1. Intervalos críticos y de seguimiento propuestos por el HCM2010

Configuración		t_c	t_f
Entrada de un carril	Un carril de circulación	5,19	3,19
	Dos carriles de circulación	4,11	3,19
Entrada de dos carriles con dos carriles de circulación	Carril izquierdo	4,29	3,19
	Carril derecho	4,11	3,19

Fuente: Certified Human Resources Professiona, NCHRP, 2010.

Tabla 2. Modelos de Capacidad del HCM2010 para diferentes configuraciones

Configuración		Modelo de capacidad
Entrada de un carril	Un carril de circulación	$c = 1.130 \times e^{(-0,0010 \cdot v_c)}$
	Dos carriles de circulación	$c = 1.130 \times e^{(-0,0007 \cdot v_c)}$
Entrada de dos carriles con dos carriles de circulación	Carril izquierdo	$c_{e,L} = 1.130 \times e^{(-0,00075 \cdot v_c)}$
	Carril derecho	$c_{e,R} = 1.130 \times e^{(-0,0007 \cdot v_c)}$

Fuente: Certified Human Resources Professiona, NCHRP, 2010

Donde c: capacidad del carril de entrada [aphpc];

Vc: Flujo conflictivo [aphpc];

$C_{e,R}$: capacidad del carril derecho de entrada [aphpc]; y

$C_{e,L}$: capacidad del carril izquierdo de entrada [aphpc].

Entonces, para el caso de un carril de circulación, si hay dos carriles de entrada la capacidad se duplica frente a la de un carril de entrada. Para el caso de dos carriles de circulación las capacidades son mayores. Puede advertirse también que la capacidad de un único carril de entrada es igual a la del carril derecho de dos carriles de entrada. En este caso la capacidad, al aumentar un carril no alcanza a duplicarse, ya que la del carril izquierdo es algo inferior. La Figura 7 muestra las curvas de capacidad de los modelos propuestos por el HCM2010.

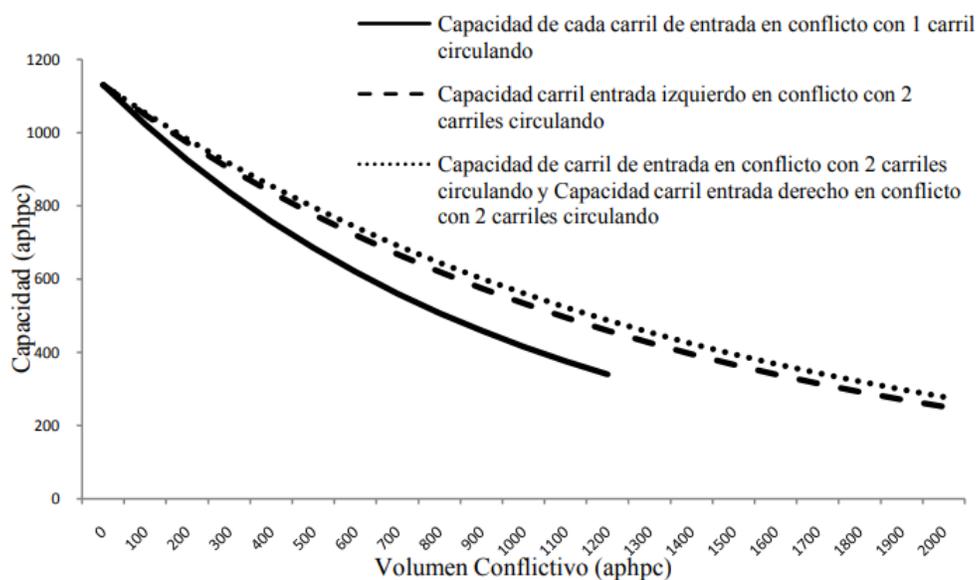


Figura 7. Modelo de Capacidad del HCM2010

2.2.3 Análisis de simulación. Existen herramientas mediante el cual se logran realizar simulaciones donde se modelan las interacciones presentes en el flujo de tránsito, tanto; para vehículos, bicicletas, peatones entre otros (Álvarez, 2017). Específicamente, para este estudio se

usará una herramienta de software desarrollada para la simulación de tránsito de ciudades, denominado; VISSIM PTV.

Micro simulación: Cuando se habla de modelos de simulación microscópica, se esta haciendo referencia a los actores que forman parte de los flujos de tránsito. Los mismos incluyen, vehículos, bicicletas, peatones, como elementos mínimos. En tal sentido, las características, físicas y psicológicas y la manera como interactúan entre si, los actores viales son modelizadas mediante reglas, algoritmos y con modelos de comportamiento. Siguiendo esa misma línea, el modelo de microsimulación de tránsito, se trata de una simulación es dinámico, puesto que, evoluciona en el tiempo, adicionalmente es discreto debido a que el estado de las variables cambia instantáneamente en tiempos puntuales, normalmente fijos. Finalmente, son estocásticos con resultados aleatorios (Álvarez, 2017).

Vissim: Se trata de una herramienta de simulación empleada para el diseño de sistemas de control de tráfico desarrollado por PTV Vision Traffic Suite, el cual integra tratamiento de información de simulación macroscópica y microscópica. La misma, emplea un método centrado en el análisis de cada vehículo como una entidad particular. Lo cual, posibilita su aplicación para distintos proyectos de análisis de tráfico como intersecciones, glorietas, entre otros. Además, este programa es capaz de trabajar con una gran variedad de móviles tales como autos, camionetas, motos, bicicletas, camiones, y demás tipos de vehículos (Suárez, 2007).

Componente estático del Software: El modelo de infraestructura de este sistema aplicable a la red de tráfico emplea elementos como los links y conectores como componentes de las rutas o carreteras direccionadas con un número determinado de carriles. Adicionalmente, los conectores son el medio por el cual se unen los links. Lo anterior, permiten giros y movimientos en el caso

de las intersecciones y rotondas que se desee modelar. Otro aspecto a considerar del software, dentro de los componentes estáticos, son las señales de tránsito; las mismas, se usan como medio informativo para el cumplimiento de las normas (Salvador & Robusté, 2000).

Componente dinámico: Dentro de estos elementos se identifican, los semáforos; puestos que, estos influyen directamente en el comportamiento de los conductores. Lo anterior, repercute directamente en el sistema donde el nivel de detalle requiere de un modelo de simulación microscópico, por lo tanto, se encuentra en relación directa con la exactitud de maneja este tipo de componentes. Evidentemente, estos componentes cambian con el transcurso del tiempo en la circulación del tráfico (Salvador & Robusté, 2000).

Infraestructura del modelo: Según Gómez (2005) Para lograr la construcción de un modelo de micro-simulación en el software computacional Vissim, es necesario tener en cuenta el análisis que se quiera llevar a cabo. En ese sentido, si se requiere evaluar una señal lógica de activación del tránsito en una intersección basta con un bosquejo de la misma. Específicamente, para llevar a cabo un análisis de las operaciones de tráfico y evaluar el comportamiento es necesario modelar de forma detallada el sitio objeto de estudio. Para ello, se trabaja a escala empleando una metodología establecida con el fin de obtener los resultados buscados. Fellendorf & Vortisch (citados por Gómez, 2005) recomiendan para la recolección de datos, mediciones en planos CAD, fotografías satelitales y mediciones en campo.

Link y conectores: Son de vital importancia estos componentes en la construcción de la infraestructura del modelo; ya que estos son la base para la representación del sistema de tráfico que se desea trabajar. Sin embargo, existen algunas situaciones en las cuales es indispensable el empleo de links, los cuales, son conectores para crear la unión que se necesita. Adicionalmente,

existen otros criterios bajo los cuales también es indispensable el uso de ambos componentes, el mismo se presenta cuando un link es dividido en dos o más bifurcaciones durante el seguimiento de su recorrido y se desea fusionarlos, un conector cumplirá con esta tarea. Ahora bien, otra circunstancia especial se presenta cuando en la ruta se observan cambios en el número de carriles o en el ancho de las vías. Generalmente, los nodos se localizan en secciones interrelacionadas y links instalados a lo largo de los tramos viales de un diseño vial (Holgado, 2012).

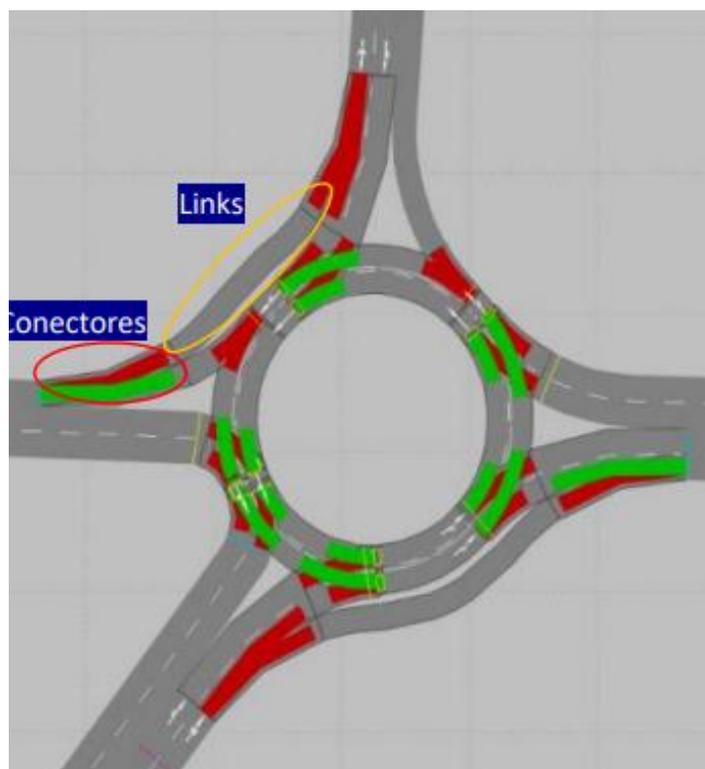


Figura 8. Ejemplo de usos de links y conectores en una glorieta

Control del tráfico: Mediante el programa Vissim es posible una simulación microscópica de la zona de estudio, a través del empleo de un modelo estocástico, el cual ayuda al análisis de sistemas de tráfico en sitios, como por ejemplo rotondas, intersecciones, entre otras. El control

de tráfico se maneja mediante dos tipos, las intersecciones controladas por semáforos y las intersecciones no semaforizadas.

Intersecciones no semaforizadas: Se tratan de las intersecciones principales, en las cuales priman las reglas de prioridad entre conectores y vías por donde transitan los vehículos. Dicho de otro modo, estas intersecciones son aplicables a las situaciones en las que se ven implicados vehículos. Existen al respecto, ejemplos de modelamiento en los cuales se emplean intersecciones no semaforizadas. Son las siguientes; Intersecciones no controladas donde el tráfico tiene que dar paso al tráfico de la derecha; Intersecciones donde el tráfico en la carretera que concluye debe dar paso al tráfico en la carretera que continúa; Las rotondas donde los vehículos que entran en las rotondas tienen que dar paso al tráfico dentro de la rotonda.

Intersecciones semaforizadas: Son aquellas que rigen en los denominados “signal control”, que se emplean para el funcionamiento de tránsito de la intersección. Los semáforos poseen fases que se representan, normalmente, por los colores rojo, amarillo y verde. En el modelo Vissim, estas características de los semáforos se ingresan a través del uso de grupos de señales. Los semáforos se reconocen en un modelo de simulación microscópica, los mismos, se colocan en la construcción modelo en los cruces o lugares donde se desee un control semaforizado.

2.3 Marco Conceptual

Accidentes de Tránsito: Se considera accidentes de tránsito al suceso o acción eventual en que involuntariamente resultan con daños personas o cosas, y a cuya ocurrencia contribuye en la circulación de al menos un vehículo en una vía pública. Un accidente de tránsito es el resultado de una distorsión de la armonía en el sistema "usuario-vehículo-vía" del transporte automotor y que tiene como consecuencia daños materiales o personales. (Ley 769, 2002)

Accidente con heridos: cuando se producen lesiones, o lesiones y daños materiales.

Análisis de la vía: fijación descriptiva, topográfica y fotográfica de evidencias físicas y elementos materiales de prueba, es importante tener en cuenta las huellas de neumático (desaceleración, aceleración, derrape, velocidad crítica, arrastre, trayectoria, entre otras), huellas de arrastre de carrocería, fragmentos o partes de vehículos, fluidos biológicos y/o mecánicos, prendas; fijación de señalización, demarcación y controles existentes, obstáculos, estado de conservación de la vía, geometría vial, material, clima (al momento del accidente)

Atropello: es el accidente donde un peatón es inicialmente impactado por un vehículo; esta clase de accidente es una de las más presentadas dentro del área urbana y la que registra el mayor índice de mortalidad con respecto a las otras clases de accidentes.

Avenida: Calle de cuatro carriles o más donde el tránsito circula con carácter preferencial con respecto a las calles transversales.

Calzada: parte de la vía pública destinada al uso vehicular y que ningún peatón debe cruzar la misma caminando o corriendo ni atravesarse al paso de un vehículo si no sea por la franja peatonal y en donde los mismos no podrán transitar o permanecer salvo los casos previstos en el reglamento o en situaciones cuando se suprima el tránsito vehicular.

Comparendo: orden formal de notificación para que el presunto contraventor o implicado se presente ante la autoridad de tránsito por la comisión de una infracción.

Glorieta: El número máximo de vehículos que razonablemente pueden atravesar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo condiciones

prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. (Bastos, et al, 2014).

Ingeniería de Tránsito: Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros medios de transporte. Es un subconjunto de la ingeniería de transporte, y a su vez el proyecto geométrico es una etapa de la ingeniería de tránsito.

Investigación de accidente de tránsito: procedimiento de recolección de la información de un accidente de tránsito en el lugar de los hechos.

Seguridad Vial: Son todas las condiciones que permiten que las vías estén libres de daños o riesgos causados por la movilidad de los vehículos.

Vehículos: son los elementos mecánicos empleados para facilitar el desplazamiento de las personas, animales o cosas por las vías públicas tanto urbanas como rurales y comprenden los automóviles, camiones, bicicletas, motocicletas, etc.

Vía Pública: Cualquier calle, camino, pasaje, plaza, parque o espacio libre de cualquier naturaleza librado al tránsito público siendo éste el lugar en dónde el reglamento general de tránsito es aplicable a todas las personas que la usen ya sea éstas peatones, propietarios o encargados de la conducción de vehículos, animales o cosas, como también en lo que fuese compatible al tránsito en plaza, parques, jardines y otros espacios públicos de acuerdo a lo que dispone la ley número 1590, promulgada por decreto número 22094, cuya función es reglamentar el tránsito terrestre y define específicamente los elementos que la componen y se mencionan

cuanto sigue como parte componente de los elementos de la vía pública y a su vez elementos indispensables para que ocurra un accidente de tránsito.

2.4 Marco Contextual

El presente estudio se realiza en la ciudad de San José de Cúcuta, fundada el 17 de junio de 1733 por Juana Rangel de Cuéllar con el nombre de San José de Guasimales, en lo que fue un asentamiento indígena dado en Encomienda por Pedro de Ursúa a Sebastián Lorenzo en 1550. Específicamente, fue Juana Rangel de Cuellar quien donó 782 hectáreas para fundar la ciudad construyendo una iglesia y una plaza para que familias españolas se establecieran en lo que es hoy el barrio San Luis.

Dentro de la ciudad de Cúcuta se fundó el barrio El Claret ubicado en la ciudadela Juan Atalaya. El mismo, mediante la modalidad de auto construcción comenzó a desarrollarse a partir del 2 de agosto de 1959, el cual se inició a través de la adjudicación de lotes a humildes familias en los terrenos que fueron propiedad de Juan Atalaya. A fecha de hoy, este barrio cuenta con 36 manzanas, cada una con 27 casas; cuatro manzanas, cada una con cuarenta casas y una manzana con cuatro casas. Además, se encuentran urbanizaciones ubicadas en algunas etapas más recientes de urbanismo. El nombre proviene de la llegada de Los Claretianos, quienes, con la Junta de Acción Comunal acordaron llamarlo Barrio Claret. Ya con anterioridad, se habían iniciado labores de alcantarillado y acueductos del sector dando inicio a la construcción de las primeras casas fundacionales del barrio.

La redoma El Claret se encuentra ubicada, en la intersección de la avenida 24 norte con la autopista Atalaya, avenida 23 sur y la conocida autopista Cúcuta-Zulia o transversal 17 (este-oeste). Específicamente, en las inmediaciones de la cancha conocida como la Bombonera de esa

localidad diagonal a la estación de bomberos de Atalaya, siendo estos los puntos de referencia que conformarán el área de estudio. (Ver Figura 9).



Figura 9. Panorámica de la glorieta el Claret

2.5 Marco Legal

La Resolución 1565 de 2014 nace a partir de las cifras alarmantes de represamiento vial en el país. Cada año son miles y miles las personas que pierden la vida en las vías, o sufren daños considerables que incluyen discapacidades temporales o definitivas, en el 2015 más de 6700 personas murieron en Colombia a causa de un accidente de tránsito. (Ministerio de Transporte, 2014)

Con el objetivo de disminuir estas cifras de tránsito, el gobierno diseñó una serie de normas dirigidas a las empresas, ya que estas son componentes fundamentales en la promoción y consolidación de una cultura de la prevención.

Así nace la Resolución 1565 de 2014. Esta norma contiene todas las directrices para que cada empresa pueda poner en marcha un Plan Estratégico de Seguridad Vial, destinado a reducir y consolidar una cultura de mayor responsabilidad vial.

El Plan Estratégico de Seguridad Vial, según la Resolución 1565 de 2014. La Resolución 1565 de 2014 define al Plan Estratégico de Seguridad Vial como “un instrumento de planificación que consignado en un documento contiene las acciones, mecanismos, estrategias y medidas que deberán adoptar las diferentes entidades, organizaciones o empresas del sector público y privado existentes en Colombia” (p.9).

En pocas palabras, el Plan Estratégico de Seguridad Vial es un documento guía, que permite llevar a la práctica todos los objetivos y lineamientos consignados en las normas relacionadas con el tema. Su propósito es implementar medidas eficaces para disminuir la congestión vial. A través de él es posible pensar, planear y diseñar un mapa de acciones para reducir las tasas de represamiento en materia de tránsito.

Quiénes deben implementar el Plan Estratégico de Seguridad Vial. La Resolución 1565 de 2014, en su Artículo 1, dice que está obligada a implementar el plan:

Toda entidad, organización o empresa del sector público o privado que para cumplir sus fines misionales o en el desarrollo de sus actividades posea, fabrique, ensamble, comercialice, contrate, o administre flotas de vehículos automotores o no automotores superiores o diez (10) unidades, o contrate o administre personal de conductores. (p.14)

Más adelante, en el título 6 (Artículo 12 Ley 1503 de 2011) señala que: “Si como organización, empresa o entidad poseo, fabrico, ensamble, administro más de 10 vehículos automotores o no automotores, conductores, estoy obligado a adoptarlo” (p.15).

Estos apartes de la Resolución 1565 de 2014 han causado cierta confusión. Muchos han interpretado que solo están obligadas a implementar el Plan Estratégico aquellas organizaciones que tienen más de 10 vehículos, o más de 10 conductores de automotores. Sin embargo, el texto indica que la norma aplica sobre “flotas de vehículos automotores o no automotores”, lo que incluye carros, motos, bicicletas, etc. Así mismo, señala que quedan cobijadas las entidades que contraten o administren “personal de conductores”. (Ministerio de Transporte, 2014).

Considerando lo anterior, indica que si en la empresa hay más de un conductor, que desarrolle actividades o utilice cualquier tipo de vehículo para cumplir fines misionales de la organización, entonces se debe elaborar el Plan Estratégico de Seguridad Vial. En otras palabras: prácticamente todas las empresas están obligadas a diseñar e implementar este instrumento.

La verificación del Plan Estratégico de Seguridad Vial. Respecto a la verificación del plan, la Resolución 1565 de 2014 dice que:

Las organizaciones, empresas o entidades públicas o privadas, deberán registrar el Plan Estratégico en materia de Seguridad Vial, ante el organismo de tránsito que corresponde a la jurisdicción en la cual se encuentra su domicilio, o quien haga sus veces. (p. 16)

Los municipios que no cuenten con un organismo de tránsito, deben hacer el trámite ante la Alcaldía Municipal. Si la organización es del orden nacional, debe efectuar el registro ante la Superintendencia de Puertos y Transporte.

En todos los casos, la misma entidad ante la que se registra el Plan Estratégico de Seguridad Vial es la encargada de hacer la revisión técnica del mismo, de hacer las observaciones a que haya lugar, de emitir un concepto de aprobación y de verificar el cumplimiento del plan. La Resolución 1565 de 2014 indica que las entidades encargadas harán visitas de control por lo

menos una vez al año. En dichas visitas se hará seguimiento del Plan Estratégico para emitir un acta de constancia. (Ministerio de Transporte, 2014)

Plazos de implementación: En principio, la Resolución 1565 de 2014 estableció unos plazos para que las organizaciones y empresas presentaran por escrito sus planes estratégicos de seguridad vial. (Ministerio de Transporte, 2014)

Estos plazos según el Ministerio de Transporte (2014) son: Empresas con más de 100 vehículos: 8 meses a partir de la expedición de la norma. Empresas con un número de 50 a 99 vehículos: 10 meses a partir de la expedición de la norma. Empresas con un número de 1 a 49 vehículos: 12 meses a partir de la expedición de la norma.

Sin embargo, cumplido el plazo muchas organizaciones no habían avanzado en la formulación del plan. Así que mediante la Resolución 1231 de 2016 se amplió el plazo fijando como fecha límite el 31 de diciembre de 2016. (Ministerio de Transporte, 2014)

Las entidades encargadas tienen a su vez un plazo máximo de 2 meses para revisar cada plan que se registre y para formular la retroalimentación correspondiente. De otro lado, el Plan Estratégico de Seguridad Vial tiene una vigencia de dos (2) años, tras los cuales debe ser sometido a una nueva revisión para realizar los ajustes pertinentes.

El marco normativo del Plan Estratégico de Seguridad Vial. La Resolución 1565 de 2014 indica que los antecedentes legales directos del Plan Estratégico de Seguridad Vial son La Ley 1503 de 2011 y el Decreto 2851 de 2013. (Ministerio de Transporte, 2014)

La Ley 1503 de 2011 plantea los lineamientos generales en torno a la responsabilidad social de las organizaciones en materia de seguridad vial. Señala la obligación que tienen todas las

empresas y entidades de promover conductas seguras en la vía, de modo que se abra paso una cultura solidaria, prudente y preventiva en materia de tránsito. Así mismo, señala cuáles son las acciones básicas que se deben implementar al respecto, dentro de cada organización. (Congreso de la República, 2011)

El Decreto 2851 de 2013, por su parte, indica que todas las acciones relacionadas con la seguridad vial en las empresas y organizaciones deben ajustarse al Plan Nacional de Seguridad Vial y adaptarse a las características específicas de cada entidad. (Ministerio de Transporte, 2014)

¿Cuál es la reglamentación y para qué sirven los dispositivos de control de velocidad?

Los dispositivos de control de velocidad fueron reglamentados por el Ministerio de Transporte de forma concertada con los gremios de transporte, los fabricantes de los equipos y las autoridades de tránsito y transporte, dando como resultado la expedición de la Resolución 1122 de 2005. El objeto de dichos dispositivos es que los pasajeros de los vehículos de transporte público colectivo de radio de acción nacional y los que prestan el servicio escolar, puedan contar con un elemento que les informe sobre la velocidad a la cual transita el automotor y de esta manera poder ejercer un control sobre el conductor, valiéndose igualmente de una alarma sonora que advierte sobre los excesos de velocidad.

¿Cuáles son las sanciones por no portar el dispositivo de control de velocidad? Mediante Resolución 2747 del 30 de junio de 2006, el Ministerio de Transporte reglamentó las sanciones para las empresas que despachen vehículos que no porten o tengan en mal estado de funcionamiento, los equipos de control de velocidad, dicha sanción corresponde con lo establecido en el Artículo 45 de la Ley 336 de 1996 y el artículo 57 del Decreto 3366 de 2003.

3. Metodología

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de estudio será descriptivo. El mismo, Se basa en un diseño no experimental donde la población a estudiar es la que transita por la glorieta El Claret, siendo este corredor de tránsito uno punto importante de la vialidad del municipio de Cúcuta.

El estudio se basa en una metodología descriptiva- correlacional donde se tomará como eje principal de estudio la accidentabilidad en la glorieta El Claret, teniendo como agente activo la población del municipio de Cúcuta y sus áreas aledañas, ya que es un corredor vial de paso obligatorio y de gran auge de tránsito. El mismo, se fundamenta en variables de tipo psicológico frente a la educación, formación y actuación con respecto a la seguridad vial de los usuarios de la redoma.

3.2 Población y Muestra

Debido a que el estudio es de revisión bibliográfica con un enfoque cualitativo, la población y muestra estará conformada por actores claves, entre ellos datos históricos y estadísticos que se tomarán en trabajo de campo.

El estudio de campo está comprendido por la Avenida. Diagonal Santander, Avenida Séptima, (zona industrial y Avenida Octava (Barrio Centro). La muestra es no probabilística, no intencional y está comprendida por los diferentes índices de accidentabilidad que ocurren en la ubicación geográfica ya mencionada.

3.3 Instrumentos para la Recolección de la Información

Para el enfoque cualitativo el propósito no es medir variables para llevar a cabo inferencias y análisis estadístico. Lo que se busca en un estudio cualitativo es obtener datos (que se convierten en información). Los datos que se recolectan son con la finalidad de analizarlos y comprenderlos, y así responder a la pregunta de investigación y generar conocimiento y ocurre en los ambientes naturales y cotidianos de los participantes o unidades de análisis. (Hernández, et al., 2014, pp.428-429).

Los instrumentos para la recolección de la información son:

Fuentes primarias: De acuerdo a Méndez (2007) es la “información oral o escrita que es recopilada directamente por el investigador” (p.154). La información se obtendrá a través de datos recolectados en diferentes horas y diferentes días, mediante lista de cotejo (Ver Anexo 1).

Fuentes secundarias: Se obtendrán a través del análisis documental mediante tesis, libros e internet. En la tabla 3 se presentan las condiciones generales del muestreo.

Tabla 3. Parámetros establecidos para la recolección de la información

Días	Hora
4 de Marzo: Lunes	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-
6 de Marzo: Miércoles	7:00
8 de Marzo: Viernes	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-
11 de Marzo: Lunes	7:00
13 de Marzo: Miércoles	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-
15 de Marzo: Viernes	7:00
18 de Marzo: Lunes	:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-7:00
20 de Marzo: Miércoles	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-
22 de Marzo: Viernes	7:00
25 de Marzo: Lunes	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-
27 de Marzo: Miércoles	7:00
29 de Marzo: Viernes	:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-7:00

Días	Hora
	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-7:00
	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-7:00
	:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-7:00
	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-7:00
	6:00 -08:00 am /12:00 – 2:00 pm / 6:00-7:00

3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos

Todo trabajo de investigación debe estar sometido a un método, que debe ser riguroso y abarcar desde el principio de las actuaciones hasta la emisión del informe resultante. Así mismo, un proceso de investigación debe estructurarse en una serie de fases encadenadas, para ello es necesario comprender los tiempos de reacción y actuación de cada fase, así como lo que nos aporta cada una de ellas. Una estructuración lógica de las mismas sería la expuesta a continuación y como lo menciona (Navarrete, 2009):

FASE 1: Toma de datos.

FASE 2: Notificación de datos.

FASE 3: Organización de datos.

FASE 4: Análisis de datos.

FASE 5: Conclusiones.

FASE 6: Propuesta de medidas correctoras.

FASE 7: Informe resultante.

Cada una de las fases expuestas de forma esquemática debe atender a una serie de parámetros que a continuación se van considerando.

El eje primordial es realizar un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta El Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander, donde existen tres categorías control que comprenden el objetivo principal del estudio.

4. Resultados

4.1 Obtener la Demanda del Flujo Vehicular (Cantidad y Composición) de la Glorieta El Claret

Fases: En el marco de este estudio, se emplearon técnicas y herramientas para llevar a cabo el cumplimiento del objetivo de obtener la demanda vehicular observada en la glorieta El Claret. Para ello, se inicio con el levantamiento topográfico de la zona. Luego, empleando un contador de vehículos, se procedió a determinar la capacidad vehicular de la glorieta, con la ayuda de otros instrumentos como; reloj, planillas de cotejo, esfero, cámaras; estas, para observar las rutas que cada conductor toma en el transcurso de las horas observadas, también, para lograr una mayor cobertura con menor margen de error al obtener información de manera rápida y económica, se utilizó un GPS- Sistema de Posicionamiento Global. El fin específico, es el de obtener información de campo para hacer cumplimiento de la metodología empleada. Por consiguiente, los instrumentos que se utilizaron son los medios directos por los cuales es posible recolectar información para el análisis y ejecución posterior de los siguientes objetivos del proyecto.

Procedimiento para el inicio de la caracterización física:

La primera medida realizada, es el levantamiento topográfico de la glorieta El Claret. Esto, con la intención de registrar el inventario vial, determinando las características geométricas presentes, como por ejemplo: El número de carriles con que cuenta la intersección vial a estudiar, seguido de identificación de las entradas y salidas, ancho de cada una de ellas, número de carriles en el anillo y su ancho. Unido a esto, se identifica el diámetro de la isleta central.

Procedimiento para el conteo vehicular:

La determinación del tránsito vehicular se hizo contando con la participación y colaboración de los integrantes del trabajo investigativo y otros colaboradores, de la siguiente manera: En primer lugar, se Efectuó un recorrido de reconocimiento total de la vía, identificando diferentes factores como: Pendientes, carriles, tipos de carriles, señalización horizontal y vertical, vías colectoras, vegetación y los posibles puntos que sirven para la estación de conteo. Seguidamente, se procede a contabilizar los vehículos que circulan por la vía de acuerdo a los formatos establecidos, en donde; se anexe tipo de vehiculo, horario y entrada, esto por cada sentido. Debe señalarse, que el conteo se debe realizar 7 días consecutivos de la semana, las 24 horas del día, pero para fines educativos se realizó los días lunes, miércoles y sábado en los horarios previamente definidos.

Tabla 4. Características de los carriles de la glorieta el Claret

Entradas	Ancho de vía	Número de carriles	Ancho de carriles
Entrada 1 Trasversal 17 (Este Oeste)	6 metros	2	3 metros
Entrada 2 Avenida 24 (norte- sur)	6 metros	2	3 metros
Entrada 3 Cucuta- Zulia (Oeste- Este)	6 metros	2	3 metros
Entrada 4 Avenida 23 (Sur- Norte)	3 metros	1	3 metros

Tabla 5. Dimensiones de la glorieta

Ubicación	Diámetro	Circunferencia	Mts²
Isla central la glorieta	99.97 metros	320 metros	31.400 metros cuadrados

4.1.1 Determinación de la demanda del flujo vehicular. Para continuar con el análisis de la intersección señalada, se requiere de llevar a acabo la recolección de los datos correspondientes, siguiendo tres criterios principales, a saber; tipos de vehículos y hora de entrada y días de circulación en la glorieta El Claret.

El estudio de la intersección en cada uno de los carriles, se realiza mediante un proceso relativamente sencillo. Para ello, se considera la geometría de la intersección y la distribución de los movimientos del tráfico. Por lo tanto, se toman en cuenta los volúmenes de demanda, donde se indica cada período de análisis, tales como un volumen por hora, en este caso, se registran los traficos vehiculares en horarios correspondientes a las horas pico, a saber; de 6 am a 8 am y de 11: 30 am a 1: 30 pm; de 5: 30 a 7:30 pm. En ese orden de ideas se tomaron datos los días lunes, miércoles y sábado. Es necesario convertir los volúmenes horarios a tasas de flujo durante 15 minutos a través del factor de la hora de máxima demanda, de esta manera:

Tabla 6. Flujo vehicular día lunes

GLORIETA EL CLARET						
AFORO LUNES DE 06:00 - 08:00						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	918	603	154	197	202	7
ENTRADA 2	840	698	160	220	180	8
ENTRADA 3	516	242	102	97	13	2
ENTRADA 4	306	414	0	31	2	0
GLORIETA EL CLARET						
AFORO LUNES DE 11:30 - 13:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1595	863	290	65	95	10
ENTRADA 2	1295	708	165	208	85	8
ENTRADA 3	1017	813	132	32	13	0
ENTRADA 4	534	599	0	35	0	0
GLORIETA EL CLARET						
AFORO LUNES DE 17:30 - 19:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1432	903	282	47	84	11
ENTRADA 2	1252	752	159	152	31	12
ENTRADA 3	917	813	115	23	8	0
ENTRADA 4	452	602	0	13	0	0

Tabla 7. Flujo vehicular día Miércoles

GLORIETA EL CLARET						
AFORO MIERCOLES DE 06:00 - 08:00						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	709	803	200	210	176	10
ENTRADA 2	730	562	172	240	210	8
ENTRADA 3	712	159	99	125	21	1
ENTRADA 4	158	230	0	25	0	0
GLORIETA EL CLARET						
AFORO MIERCOLES DE 11:30 - 13:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1670	915	295	55	85	2
ENTRADA 2	1110	802	173	209	71	4
ENTRADA 3	1005	709	122	20	14	0
ENTRADA 4	428	482	0	31	0	0
GLORIETA EL CLARET						
AFORO MIERCOLES DE 17:30 - 19:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1602	1004	305	38	55	4
ENTRADA 2	1309	846	162	209	53	2
ENTRADA 3	820	630	115	24	10	0
ENTRADA 4	398	570	0	20	0	0

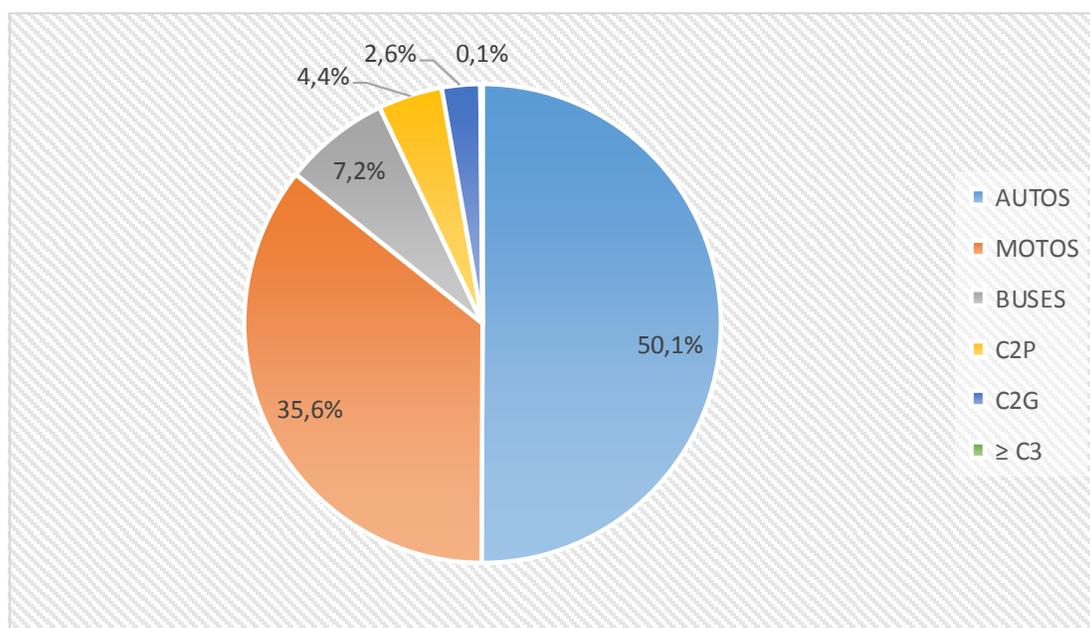
Tabla 8. Flujo vehicular día sábado

GLORIETA EL CLARET						
AFORO MIERCOLES DE 17:30 - 19:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1602	1004	305	38	55	4
ENTRADA 2	1309	846	162	209	53	2
ENTRADA 3	820	630	115	24	10	0
ENTRADA 4	398	570	0	20	0	0
GLORIETA EL CLARET						
AFORO SABADO DE 11:30 - 13:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1809	1010	301	62	91	2
ENTRADA 2	1900	903	215	151	64	3
ENTRADA 3	999	610	99	15	8	0
ENTRADA 4	318	397	0	29	0	0
GLORIETA EL CLARET						
AFORO SABADO DE 15:30 - 17:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1630	1009	297	28	47	0
ENTRADA 2	1208	709	151	100	43	1
ENTRADA 3	710	599	111	19	2	0
ENTRADA 4	355	530	0	4	0	0

4.1.2 Determinación del tipo de vehículo que transita por la glorieta. En el marco del diseño de estudio de la glorieta El Claret, se hizo un reconocimiento del tipo de vehículo que transita por la referida intersección, identificando; automóviles, motos, buses y camiones de carga de entre 2 y más ejes, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 9. Flujo vehicular

Tipo	Autos	Motos	Buses	C2P	C2G	≥ C3
Total	34614	24624	4978	3016	1798	101
%	50,1%	35,6%	7,2%	4,4%	2,6%	0,1%

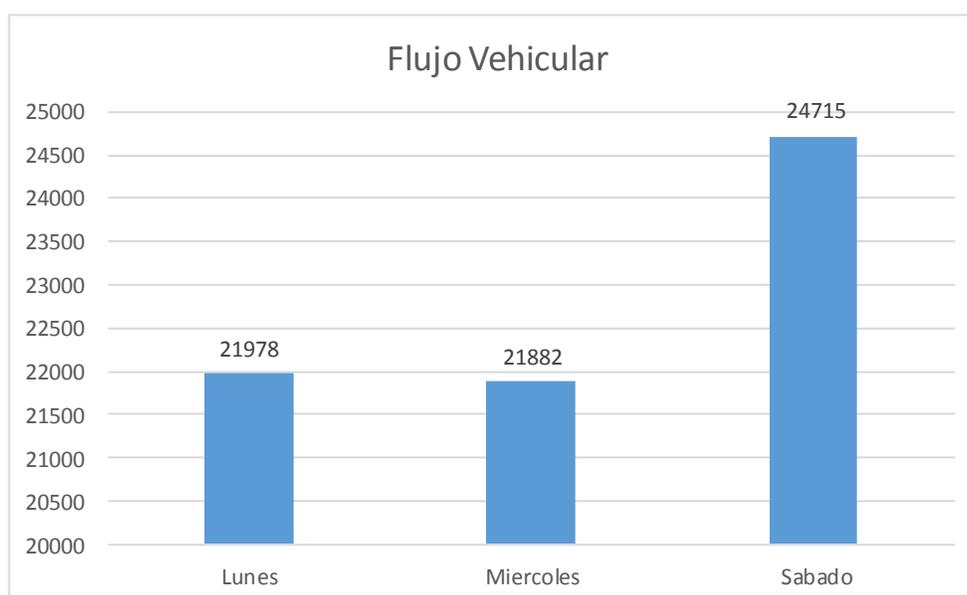
**Figura 10. Composición del Flujo vehicular**

Se observa en la grafica que el 50,1% de los vehículos identificados durante los días de observación, son los clasificados como automóviles; otro 35,6% de vehículos que transitan por la glorieta El Claret son motos, 7,2% son buses; 4,4% son camiones carga de dos ejes; 2,6% son camiones de carga de 3 ejes y finalmente, el 0,1% son camiones de carga pesada de mas de 3 ejes.

Al respecto del número de vehículos que transitan por la glorieta, se pudo determinar a través del conteo vehicular, en los días de observación, la cantidad de vehículos que transitan en promedio en los días de observación los días lunes, miércoles y sábado.

Tabla 10. Cantidad de vehículos por día

Días	Flujo Vehicular
Lunes	21978
Miércoles	21882
Sábado	24715
Total	68575

**Figura 11. Cantidad de vehículos por día**

A través de la observación se pudo evidenciar que entre los días lunes, miércoles y sábado dentro de los horarios definidos, transitaron 68.575 vehículos. El día lunes transitaron 21.978 vehículos de todas los tipos predefinidos; el día miércoles transitaron 21.882 y el día sábado transitaron 24.715 vehículos de todos los tipos.

4.1.3 Cantidad de vehículos que transitaron cada día observado por entrada. Cabe considerar que se hicieron observaciones para determinar el numero de vehículos que ingresan a la rotonda objeto de estudio para determinar la cantidad de vehículos que entran al sistema por

cada una de las cuatro entradas que posee la glorieta. Al respecto, se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 11. Cantidad de vehículos que transitaron el día lunes por entrada

INGRESOS	VEHICULOS	
	Cantidad	%
ENTRADA 1 Este- oeste	7.758	34,4%
ENTRADA 2 Norte- sur	6.933	30,8%
ENTRADA 3 Oeste- Este	4.855	21,5%
ENTRADA 4 Sur- Norte	2.988	13,3%
Total-	22.534	100 %



Figura 12. Entradas a la redoma El Claret

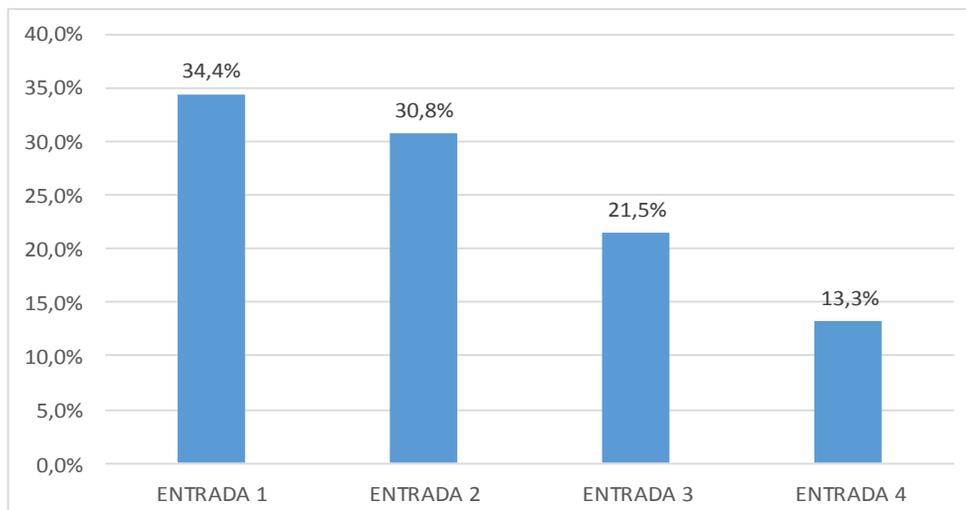
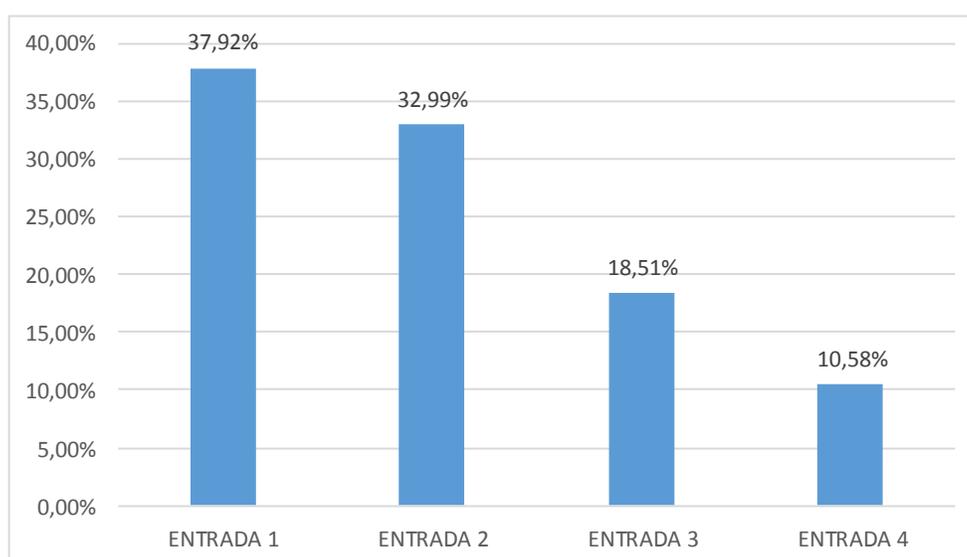


Figura 13. Cantidad de vehículos que transitaron el día lunes por entrada

Los días lunes en la glorieta El Claret, la mayor cantidad de vehículos entran a la intersección por la entrada número 1 o transversal 17 en dirección Este- Oeste con un 34,4% de los vehículos que entran al distribuidor mencionado. Por otra parte, el 30,8% de los vehículos que entran al referido distribuidor lo hacen por la entrada número 2 o avenida 24 en dirección Norte-sur. Igualmente, la entrada 3 Oeste- este, recibe un 21, 5% de los vehículos que entran al sistema y finalmente por la entrada 4 o avenida 23 en dirección Sur-Norte, entran solo un 13,3% de los vehículos que hacen uso de la glorieta.

Tabla 12. Cantidad de vehículos que transitaron el día miércoles por entrada

INGRESOS	VEHICULOS	
	Cantidad	%
ENTRADA 1 Este- oeste	8.297	37,92%
ENTRADA 2 Norte- sur	7.218	32,99%
ENTRADA 3 Oeste- Este	4.051	18,51%
ENTRADA 4 Sur- Norte	2.316	10,58%
Total-	21.882	100 %

**Figura 14. Cantidad de vehículos que transitaron el día miércoles por entrada**

Por otra parte, el día miércoles la circulación en la glorieta El Claret, la mayor cantidad de vehículos entran a la intersección por la entrada número 1 o transversal 17 en dirección Este-Oeste con un 37,92% de los vehículos que entran al distribuidor mencionado. Por otra parte, el 32,99% de los vehículos que entran al referido distribuidor lo hacen por la entrada número 2 o avenida 24 en dirección Norte-sur. Igualmente, la entrada 3 Oeste- este, recibe un 18, 51% de los

vehículos que entran al sistema y finalmente por la entrada 4 o avenida 23 en dirección Sur-Norte, entran solo un 10,58% de los vehículos que hacen uso de la glorieta.

Tabla 13. Cantidad de vehículos que transitaron el día sábado por entrada

INGRESOS	VEHICULOS	
	Cantidad	%
ENTRADA 1 Este- oeste	8.440	39,14%
ENTRADA 2 Norte- sur	7.180	33,29%
ENTRADA 3 Oeste- Este	4.094	18,98%
ENTRADA 4 Sur- Norte	1.852	8,59%
Total-	21.566	100 %

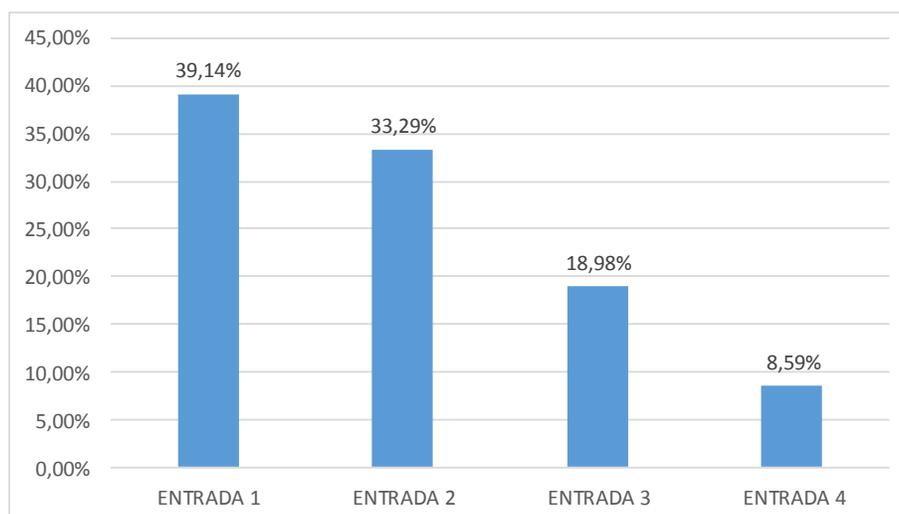
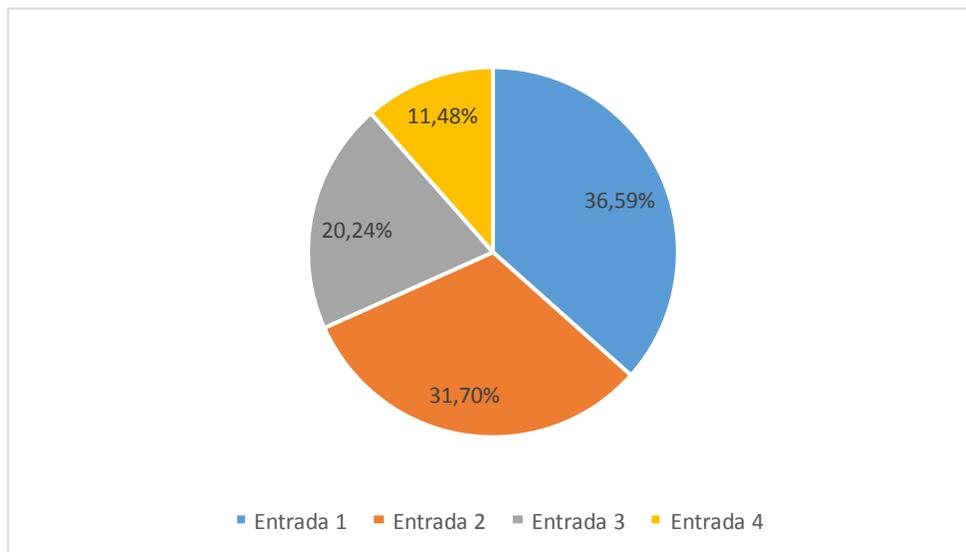


Figura 15. Cantidad de vehículos que transitaron el día sábado por entrada

Finalmente en las observaciones realizadas los días sábados, se determinó que en ese día, la entrada de vehículos a la glorieta El Claret mayormente es a través de la entrada número 1 o transversal 17 en dirección Este- Oeste con un 39,14% de los vehículos que entran al distribuidor mencionado. Por otra parte, el 33,29% de los vehículos que entran al referido distribuidor lo

hacen por la entrada número 2 o avenida 24 en dirección Norte-sur. Igualmente, la entrada 3 Oeste- este, recibe un 18,98% de los vehículos que entran al sistema y finalmente por la entrada 4 o avenida 23 en dirección Sur-Norte, entran solo un 8,59% de los vehículos que hacen uso de la glorieta.

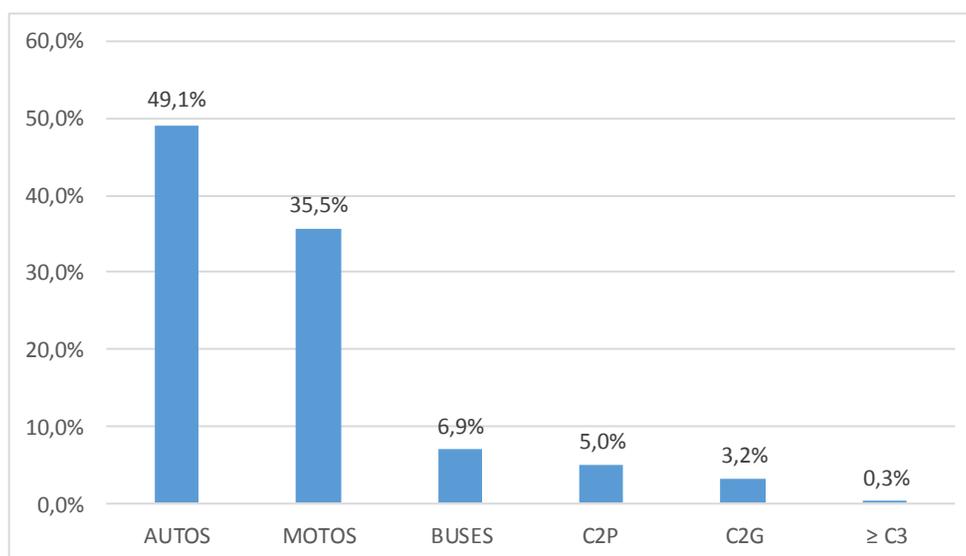
4.1.4 Cantidad de vehículos global por entradas. Se realizó una grafica para determinar la entrada con mayor afluencia de vehículos. Obteniéndose los siguientes resultados:



4.1.5 Tipos de vehículos que ingresan por día. Adicionalmente, se analizó que tipo de vehículos circula por la glorieta El Claret los días lunes, miércoles y sábado para determinar, por día, cual es el tipo de vehiculo que hace uso de la glorieta en los referidos días. Obteniéndose, los siguientes resultados:

Tabla 14. Tipos de vehículos que ingresan el día lunes

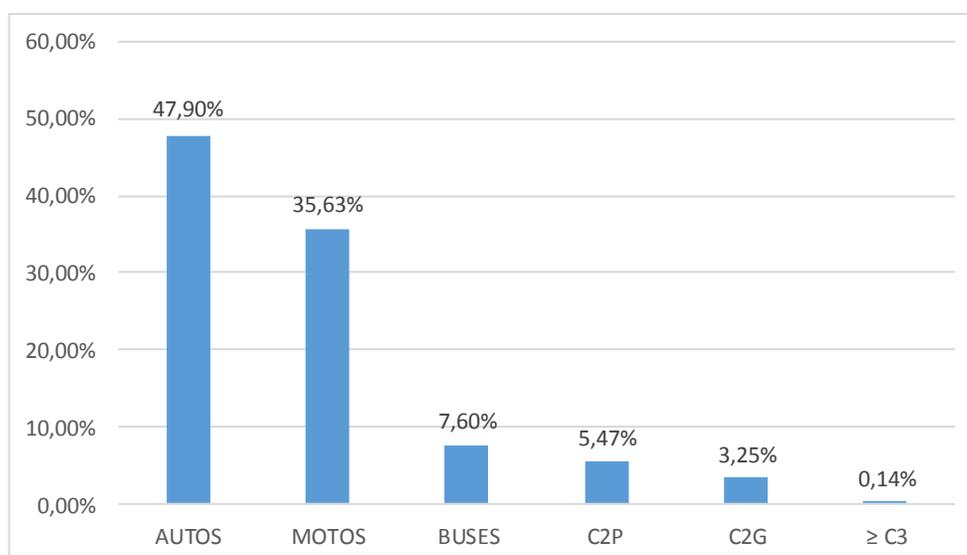
Tipo	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
%	49,1%	35,5%	6,9%	5,0%	3,2%	0,3%
Cantidad	11074	8010	1559	1120	713	58

**Figura 16. Tipos de vehículos que ingresan el día lunes**

Se observa en la grafica xx, para los días lunes que un 49,1% de los vehículos que entran en la glorieta; son autos, 35,5% son vehículos motorizados, mientras el restante 15,4% son buses y camiones de carga de 2 o mas ejes.

Tabla 15. Tipos de vehículos que ingresan el día miércoles

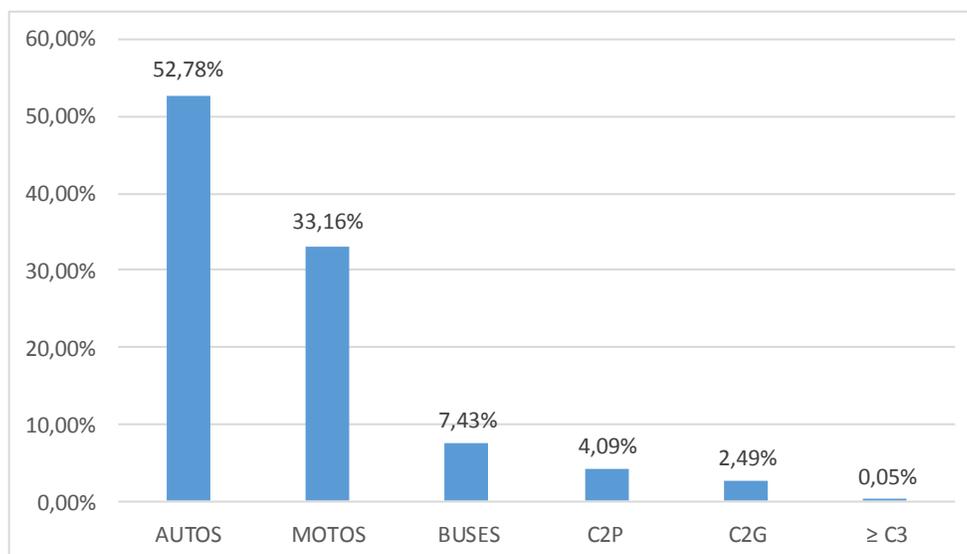
Tipo	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
%	47,90%	35,63%	7,60%	5,47%	3,25%	0,14%
Cantidad	10482	7797	1663	1197	712	31

**Figura 17. Tipos de vehículos que ingresan el día miércoles**

Se observa en la grafica xx, para los días miércoles que un 47,9% de los vehículos que entran en la glorieta; son autos, 35,63% son vehículos motorizados, mientras el restante 15,2% son buses y camiones de carga de 2 o mas ejes.

Tabla 16. Tipos de vehículos que ingresan el día sábado

Tipo	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
%	52,78%	33,16%	7,43%	4,09%	2,49%	0,05%
Cantidad	11.382	7.152	1.603	881	537	11

**Figura 18. Tipos de vehículos que ingresan el día sábado**

Se observa en la grafica xx, para los días sábado que un 52,78% de los vehículos que entran en la glorieta; son autos, 33,16% son vehículos motorizados, mientras el restante 14,1% son buses y camiones de carga de 2 o mas ejes. Notándose una disminución de transito de vehículos de carga de camiones de 2 o mas tres ejes, los días sábados.

4.1.6 Tipo de vehículo por entrada Se hicieron adicionalmente mediciones encaminadas a determinar el tipo de vehiculo que emplean cada una de las 4 entradas de la glorieta El Claret, determinándose que clase de vehículos son los que mas hacen uso de la referida rotonda y cual es el tipo de vehiculo que mas utiliza cada entrada. Esto con el fin de determinar apropiadamente la

clase de inconvenientes que se presentan debido al tipo de vehículo. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17. Tipos de vehículos por la entrada 1 (Este- Oeste)

Tipo	Autos	Motos	Buses	C2P	C2G	≥ C3
Cantidad	9061	5444	1634	427	564	26
%	52,82%	31,73%	9,52%	2,49%	3,29%	0,15%

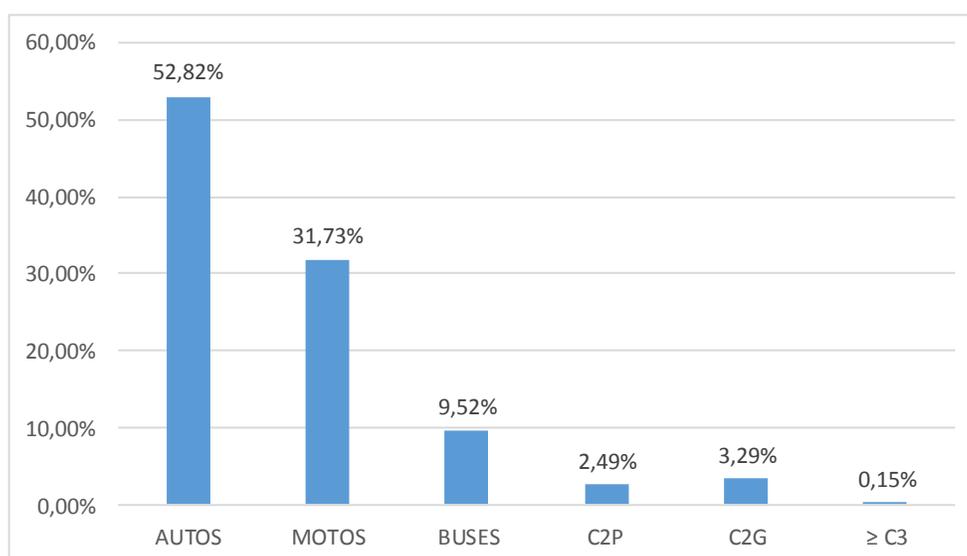
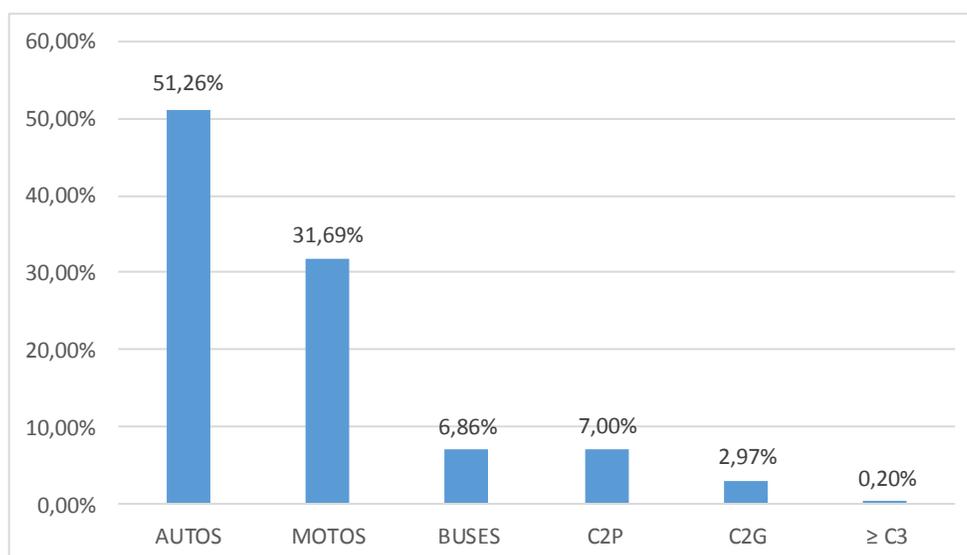


Figura 19. Tipos de vehículos por la entrada 1 (Este- Oeste)

Se observa en la grafica que por la entrada al distribuidor dirección Este-Oeste o transversal 17, la mayoría de vehículos que emplean la mencionada entrada son tipificados como automóviles con mas del 52%, seguido de motos y mas alejados de buses. Implica esto que cualquier solución que se emplee debe tener en cuenta este dato.

Tabla 18. Tipos de vehículos por la entrada 2 (Norte- Sur)

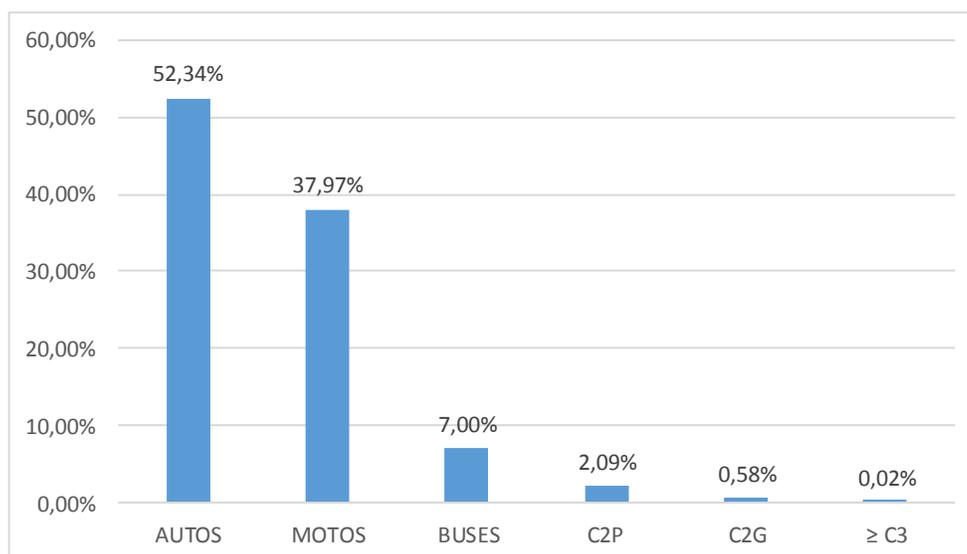
Tipo	Autos	Motos	Buses	C2P	C2G	≥ C3
Cantidad	7619	4710	1020	1041	442	30
%	51,26%	31,69%	6,86%	7,00%	2,97%	0,20%

**Figura 20. Tipos de vehículos por la entrada 2 (Norte- Sur)**

Se observa en la grafica que por la entrada al distribuidor dirección Norte- Sur, la mayoría de vehículos que emplean la mencionada entrada, son tipificados como automóviles, con mas del 51%, seguido de motos con un 31,6% y mas alejados de buses con un 6,86%. Implica esto que cualquier solución que se emplee debe tener en cuenta este dato.

Tabla 19. Tipos de vehículos por la entrada 3 (Oeste- Este)

Tipo	Autos	Motos	Buses	C2P	C2G	≥ C3
Cantidad	4967	3603	664	198	55	2
%	52,34%	37,97%	7,00%	2,09%	0,58%	0,02%

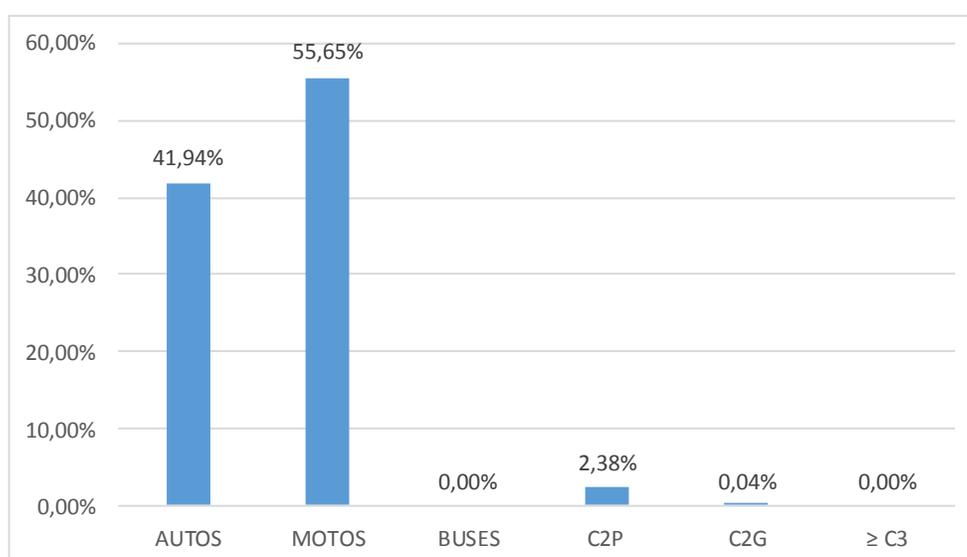
**Figura 21. Tipos de vehículos por la entrada 3 (Oeste- Este)**

Se observa en la grafica que por la entrada 3 al distribuidor dirección Oeste- Este, la mayoría de vehículos que emplean la mencionada entrada, son tipificados como automóviles, con mas del 52%, seguido de motos con un 37% y mas alejados de buses con un 7%. Implica esto que cualquier solución que se emplee debe tener en cuenta este dato.

Tabla 20. Tipos de vehículos por la entrada 4 (Sur- Norte)

Tipo	Autos	Motos	Buses	C2P	C2G	≥ C3
Cantidad	2257	2995	0	128	2	0
%	41,94%	55,65%	0,00%	2,38%	0,04%	0,00%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 22. Tipos de vehículos por la entrada 4 (Sur- Norte)**

Se observa en la grafica que por la entrada 4 al distribuidor, dirección Sur- Norte, la mayoría de vehículos que emplean la mencionada entrada, son tipificados como Motos, con mas del 55,6%, seguido de autos con un 41,9%, estos dos tipos de vehículos constituyen casi el 98% de medios de transporte que hacen uso de la glorieta. Un aspecto a señalar, es que por esta vía no circulan buses ni vehículos de carga pesada de más de 3 ejes y un muy pequeño porcentaje son

vehículos de 2 y 3 ejes. Lo anterior, es importante al momento de diseñar las soluciones a la problemática identificada en la glorieta El Claret.

4.2 Determinar el Tránsito Promedio Diario en Horas de Mayor Demanda

Se procedió a analizar el tránsito en promedio que circula por la glorieta el Claret. En ese aspecto, a través del análisis, se determinó la cantidad y tipo de vehículos que en promedio transitan por la referida glorieta en los horarios considerados los de mayor flujo vehicular según lo observado.

De este modo, se realizó el conteo en un total de total de 36 horas en 6 días, es decir 6 horas diarias en cada entrada de la rotonda, teniendo en cuenta que al momento de obtener los datos las estaciones de aforamiento deben tener correlación entre ellas. Dentro de este mismo aspecto, se tomará en cuenta que para mediciones en zonas urbanas la medición del volumen generalmente se debe realizar en los carriles medio o internos en el sentido del flujo.

Para ello se emplea la fórmula de Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), con el fin de determinar el tránsito en promedio que transita por la glorieta El claret en horas de mayor demanda de flujo vehicular:

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Figura 23. Fórmula de Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)

Fuente: Flores, Andachi, Morales, Quispe, 2012

Donde:

Donde el valor TPDS Es el número de vehículos totalizados entre los días del promedio diario que se desea calcular. En este caso se desea calcular el transito semanal, por lo tanto, el denominador es 7.

El conteo vehicular se realizó desde las 6:00am hasta las 8:00 y de 11:30 a 1: 30pm y de 5: 30pm a 7:30pm decir durante 6 horas seguidas en el lapso de 6 días, para fines didácticos se realizó el conteo durante 2 semanas específicamente lunes, miércoles y sábado, cabe recalcar que el análisis se realiza teniendo como mínimo un aforo de 6 horas diarias en periodos de 3 días.

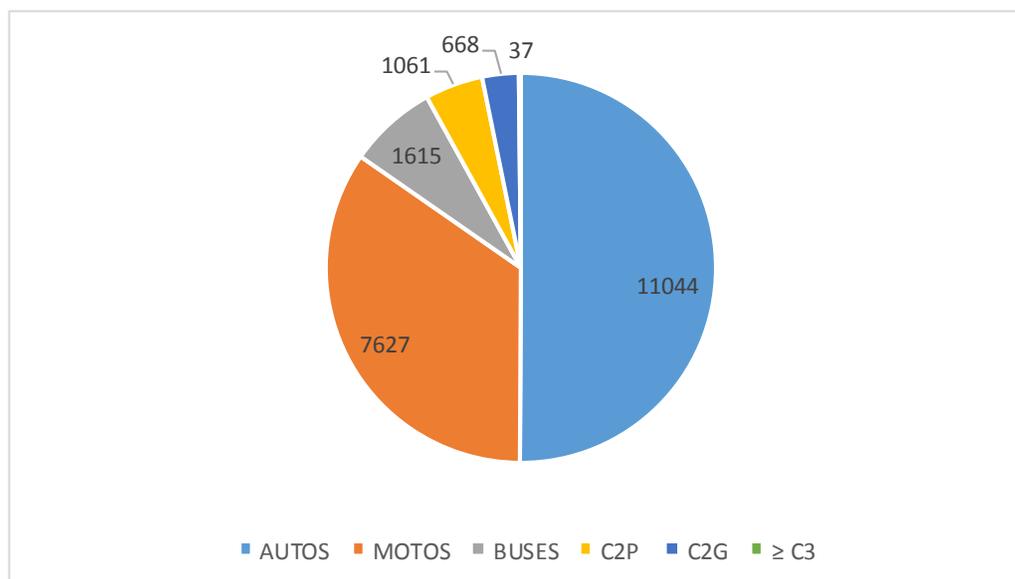
Para cada día se estudió el factor de hora pico que es la relación entre la cuarta parte del volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo ($q_{m\acute{a}x}$), que se presenta en un periodo dado dentro de dicha hora

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

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. Tomando en consideración este cálculo se determinaron las horas pico o de mayor trafico en la glorieta el Claret, determinandose los horarios de 6am a 8am, de 11: 30 a 1:30pm y de 5: 30 a 7: 30pm.

Tabla 21. Cantidad de vehículos en promedio

AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3	Total
11.044	7.627	1.615	1.061	668	37	22.052

**Figura 24. Cantidad de vehículos en promedio**

A través del análisis se identificó que transitaron en promedio en todos los días de observación; lunes, miércoles y sábado en los horarios considerados picos 22.052 vehículos de todos los tipos y modelos antes descritos. Los resultados se presentan en la siguiente grafica.

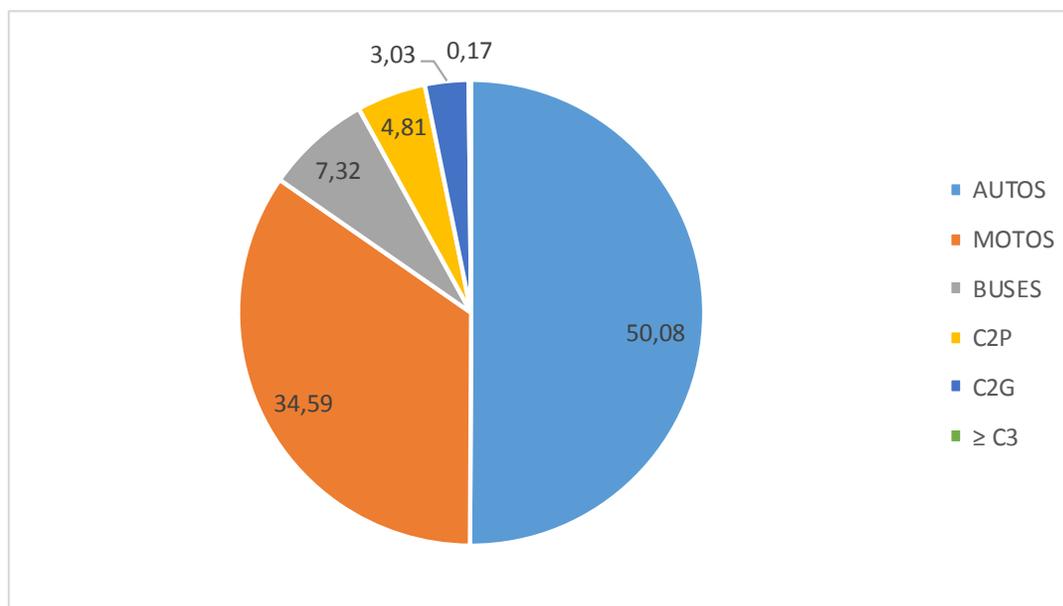


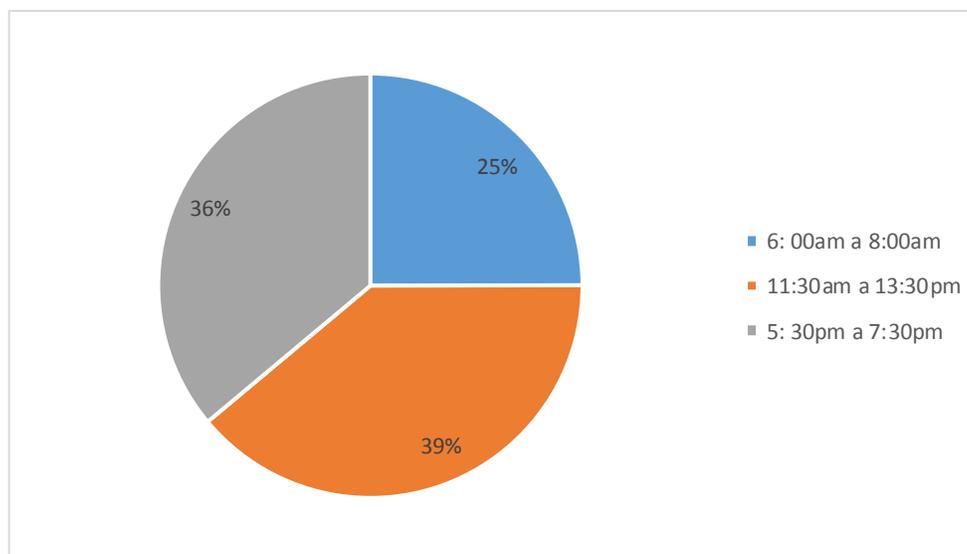
Figura 25. Cantidad de vehículos en términos porcentuales que en promedio transitan por la vía

Los datos anteriores transformados en términos porcentuales arrojan resultados muy similares a los observados en el tránsito vehicular por día expresado en la grafica XX. Adicionalmente se puede evidenciar en la siguiente grafica los horarios que en promedio tienen mayor tránsito vehicular.

4.2.1 Tránsito vehicular por horario. Con el fin de determinar cuales son los horarios de mayor convergencia y de flujo vehicular se procedió mediante la formula antes descrita a determinar el promedio semanal de vehículos que hacen uso de la glorieta. Para ello, se tomaron en cuenta las observaciones realizadas en los horarios previamente definidos. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 22. Transito vehicular por horario

Horario	%	Cantidad
6: 00am a 8:00am	25%	5.505
11:30am a 13:30pm	39%	8.590
5: 30pm a 7:30pm	36%	7.957

**Figura 26. Transito porcentual de vehículos por horario**

Se muestra en la grafica que el horario correspondiente entre las 11:30 am y 1:30 pm es el horario en el que hay mayor flujo o demanda vehicular en promedio, con un 39% del total de vehículos que circulan por la glorieta. Esto, según el análisis de la información recabada. Adicionalmente, se observa que el segundo horario con mayor flujo vehicular es el de las 5:30 pm 7:30pm; y finalmente el horario con menor demanda vehicular es el de la mañana de 6:00am a 8:00am con un 25%.

4.2.2 Transito promedio por día. En el marco de la búsqueda de la identificación del número promedio de vehículos, por día analizado, se recabo información en la glorieta el claret

en los horarios correspondientes entre las 6:00am a 8:00am; entre 11:30am a 1:30pm y de 5:30pm a 7:30pm. Los resultados, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 23. Transito en promedio el día lunes por horario

Transito promedio en transito el día lunes		
6: 00am a 8:00am	5912	26,90%
11:30am a 13:30pm	8562	38,96%
5: 30pm a 7:30pm	7504	34,14%

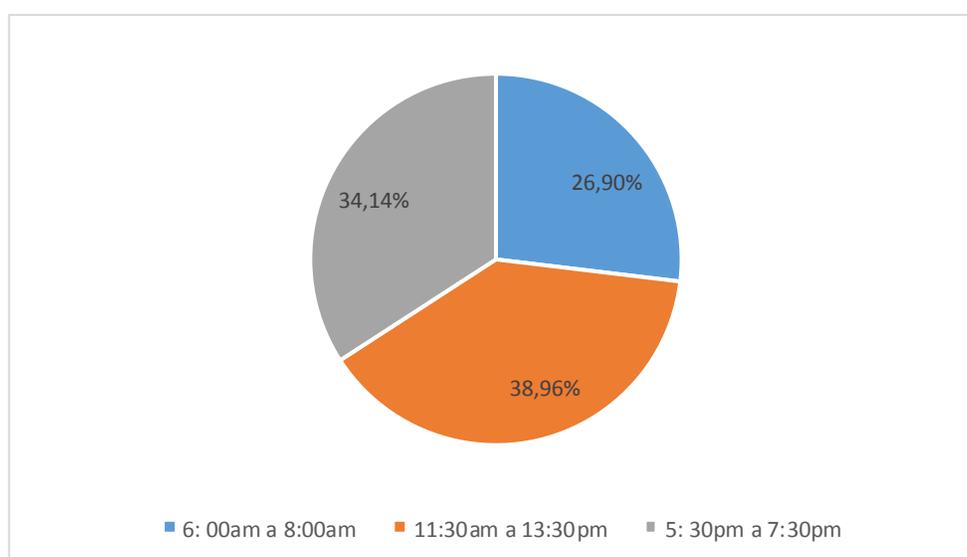


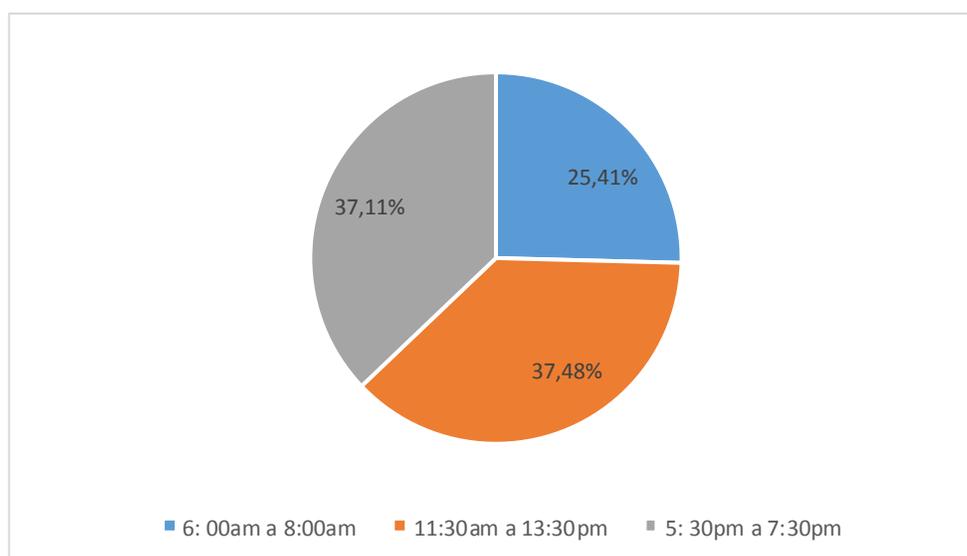
Figura 27. Transito en promedio el día lunes por horario

Se muestra en la grafica que el horario correspondiente entre las 11:30 am y 1:30 pm es el horario en el que hay mayor flujo o demanda vehicular en promedio, con un 38,96% del total de vehículos que circulan por la glorieta. Esto, según el análisis de la información recabada.

Adicionalmente, se observa que el segundo horario con mayor flujo vehicular es el de las 5:30 pm 7:30pm con un 34,14% y finalmente el horario con menor demanda vehicular es el de la mañana de 6:00am a 8:00am con un 26,9%.

Tabla 24. Transito en promedio el día miércoles por horario

Transito promedio en transito el día miércoles		
6: 00am a 8:00am	5560	25,41%
11:30am a 13:30pm	8202	37,48%
5: 30pm a 7:30pm	8120	37,11%

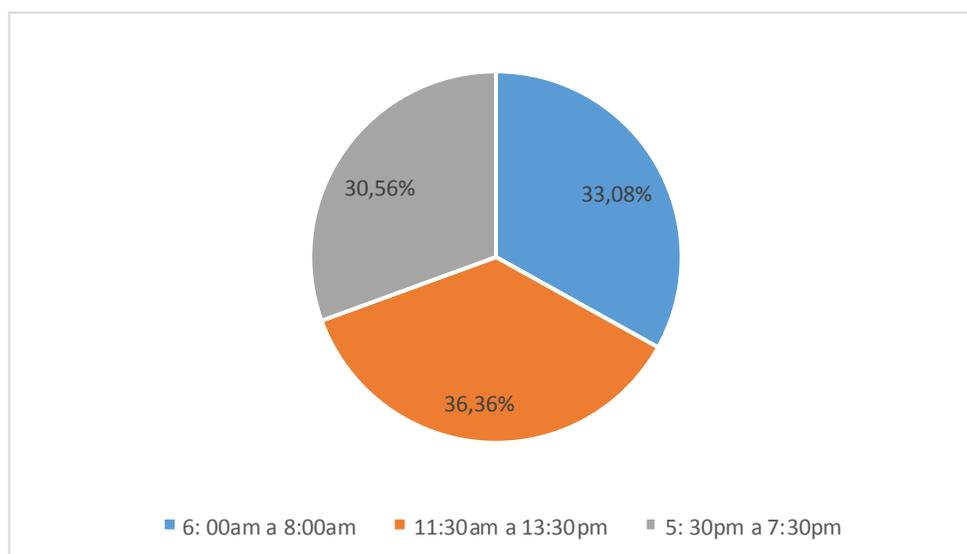
**Figura 28. Transito en promedio el día miércoles por horario**

Se muestra en la grafica que el horario correspondiente entre las 11:30 am y 1:30 pm es el horario en el que hay mayor flujo o demanda vehicular en promedio, con un 37,48% del total de vehículos que circulan por la glorieta. Esto, según el análisis de la información recabada.

Adicionalmente, se observa que el segundo horario con mayor flujo vehicular es el de las 5:30 pm 7:30pm con un 37,11% y finalmente el horario con menor demanda vehicular es el de la mañana de 6:00am a 8:00am con un 25,41%.

Tabla 25. Transito en promedio el día sábado por horario

Transito promedio en transito el día sábado		
6: 00am a 8:00am	8176	33,08%
11:30am a 13:30pm	8986	36,36%
5: 30pm a 7:30pm	7553	30,56%

**Figura 29. Transito en promedio el día sábado por horario**

Se muestra en la grafica que el horario correspondiente entre las 11:30 am y 1:30 pm es el horario en el que hay mayor flujo o demanda vehicular en promedio, con un 36,36% del total de vehículos que circulan por la glorieta. Esto, según el análisis de la información recabada. Adicionalmente, se observa que el segundo horario con mayor flujo vehicular es el de las 5:30 pm 7:30pm con un 30,56% y finalmente el horario con menor demanda vehicular es el de la mañana de 6:00am a 8:00am con un 33,08%.

En todos los casos se observa que el horario correspondiente entre las 11:00am y 1:30pm es el horario en promedio y por día que mayor demanda vehicular tiene la glorieta El Claret, el horario con menor demanda es el de las 6:00am a 8:00am. Es importante señalar, que los días sábados, los tres horarios presentan un flujo de vehículos constante en todos los tres horarios.

4.2.3 Tipo de vehículo por horario. Adicionalmente, se procedió a identificar el tipo de vehículos que mayormente circula en los horarios considerados de mayor flujo vehicular en la glorieta El Claret. En tal sentido, se procedió a evaluar que tipo de vehículo circula en los horarios de 6:00am a 8:00am; 11:00am a 1:30pm y finalmente el horario de 5:30 pm 7:30pm.

Tabla 26. Tipo de vehículo en el horario de las 6:00 a 8:00am

Tipo	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
Cantidad	4037	2990	567	227	126	10
%	50,74%	37,58%	7,13%	2,85%	1,58%	0,13%

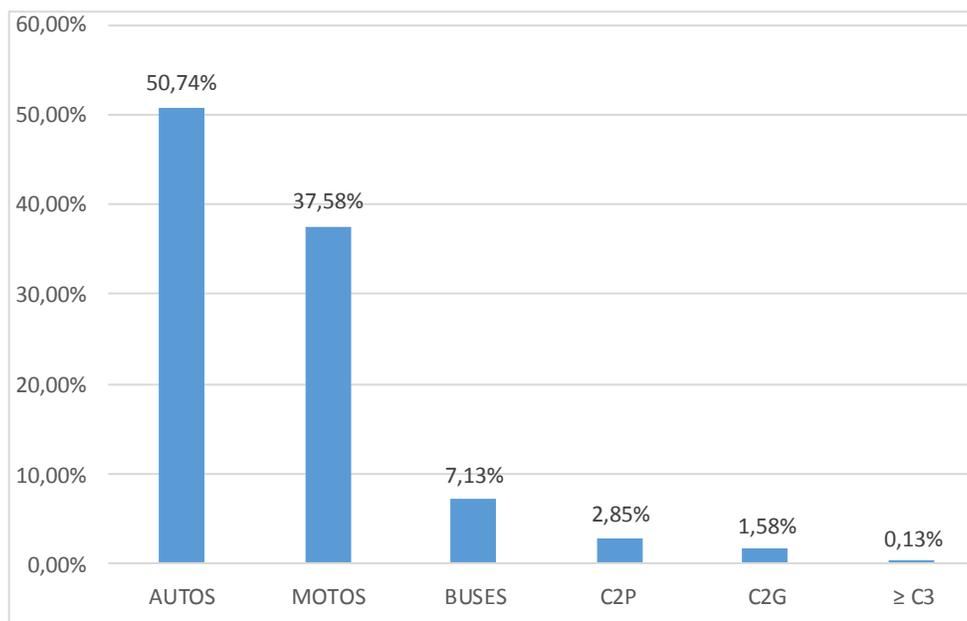


Figura 30. Tipo de vehículo en el horario de las 6:00 a 8:00am

Fuente: Elaboración propia

En el horario correspondiente a las 6: 00am hasta las 8:00am, el mayor volumen de vehículos que circulan por la glorieta son los tipificados como automóviles con 50,74%, seguido de vehículos tipificados como motos con un 37,58%, adicionalmente, los vehículos tipificados como buses circulan en un 7,13%; el restante 5% corresponde a vehículos de carga, de dos o mas ejes.

Tabla 27. Tipo de vehiculo en el horario de las 11:30 a 1:30pm

Tipo	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
Cantidad	4560	2937	599	305	178	11
%	53,08%	34,19%	6,97%	3,55%	2,07%	0,13%

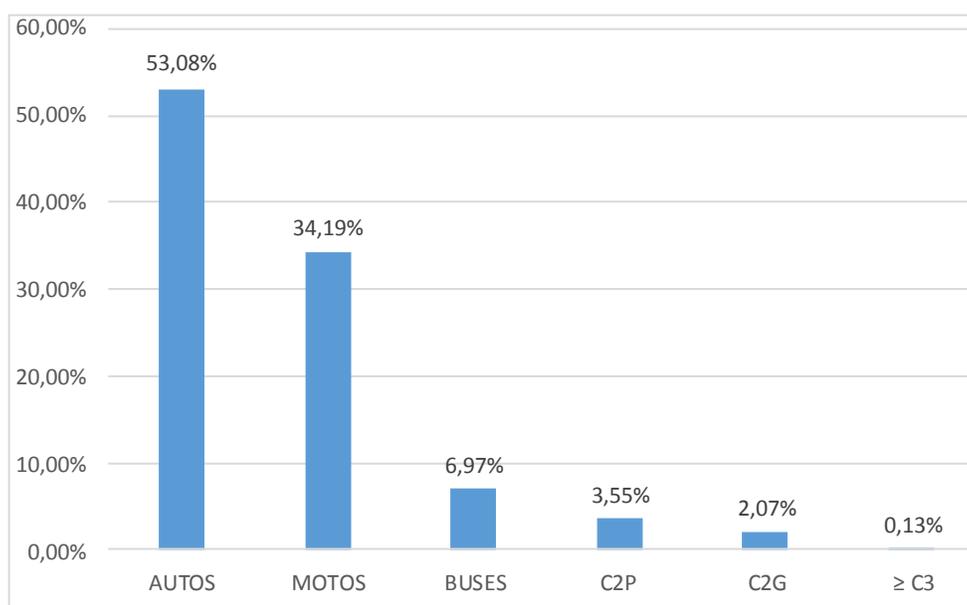


Figura 31. Tipo de vehiculo en el horario de las 11:30 a 1:30am

En el horario correspondiente a las 11: 30am hasta las 1:30pm, el mayor volumen de vehículos que circulan por la glorieta son los tipificados como automóviles con 53,08%, seguido

de vehículos tipificados como motos con un 34,19%, adicionalmente, los vehículos tipificados como buses circulan en un 6,97%; el restante 6% corresponde a vehículos de carga, de dos o mas ejes.

Tabla 28. Tipo de vehiculo en el horario de las 5:30 a 7:30pm

Tipo	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
Cantidad	2447	1700	449	529	364	16
%	44,45%	30,88%	8,16%	9,61%	6,61%	0,29%

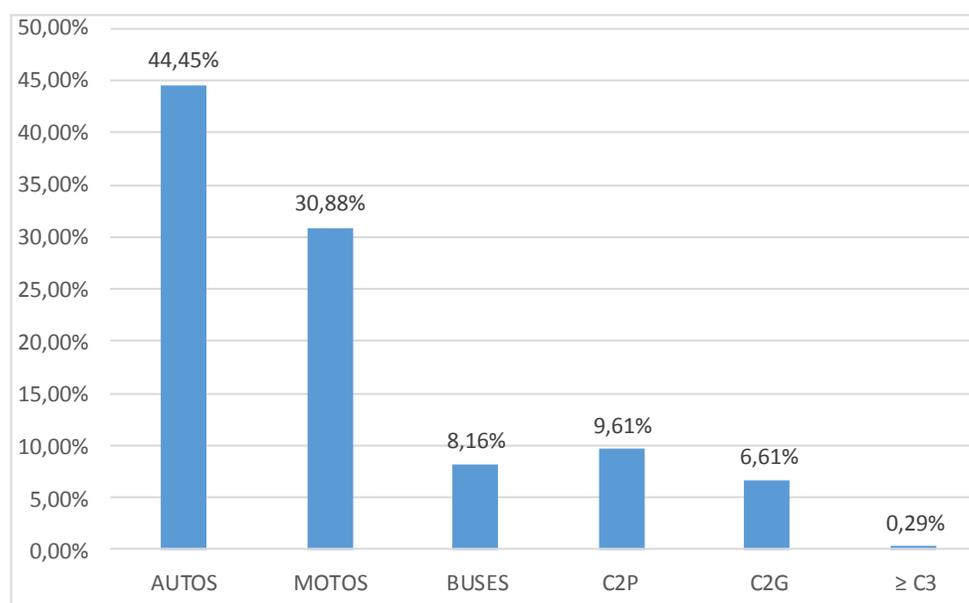


Figura 32. Tipo de vehiculo en el horario de las 5:30pm a 7:30pm

En el horario correspondiente a las 11: 30am hasta las 1:30pm, el mayor volumen de vehículos que circulan por la glorieta son los tipificados como automóviles con 44,45%, seguido de vehículos tipificados como motos con un 30,88%, adicionalmente, los vehículos tipificados como buses circulan en un 8,16%; el restante 16,51% corresponde a vehículos de carga, de dos o mas ejes. Es evidente, que los días sábado hay mayor transito de vehículos de carga que los días

entre semana, registrándose un incremento superior al 10% en la circulación de vehículos pesados.

Lo anterior corresponde a la caracterización del tipo de vehículos que transita por la redoma El Claret, tomando en cuenta los horarios y tipos de vehículos, que hacen uso de la rotonda. Así mismo, se hace un registro y análisis de la cantidad de vehículo en promedio que hacen uso de la referida glorieta. Todo esto, en el marco del cumplimiento de los dos primeros objetivos de este trabajo dedicados a la composición y tipo de vehículos que hacen uso de la rotonda estudiada, adicionalmente se registra el horario, para identificar cuales son los de mayor tráfico. En efecto, se analiza que cantidad de vehículos entran a la redoma por cada una de las cuatro entradas identificadas previamente.

4.2.4 Volumen máximo horario. Este se define según Arboleda (2000) como la capacidad total de un carril punto o sección transversal de una vía durante 60 minutos consecutivos. El mismo, representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día a la altura de una intersección vial.

La hora de máxima demanda se llama Factor de la hora de Máxima demanda (FHMD) o Factor de hora pico. En el que los cálculos se determinan siguiendo este patrón:

$$\text{Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)} = \text{VHMD} / \text{N} * (\text{Qmáx})$$

Donde:

N: Número de períodos durante la hora de máxima demanda (HMD)

Qmáx: Flujo máximo (número de vehículos)

$FHMD = VHMD/4 * (q_{m\acute{a}x})$ Para períodos de 15 minutos

$FHMD = VHMD/12 * (q_{m\acute{a}x})$ Para períodos de 5 minutos

El FHMD: También es conocido como factor pico horario

(FPH) expresa la Relación del volumen de la hora máxima demanda a la tasa de volumen-máximo dentro de la hora pico.

Densidad de tránsito: Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carrera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetros.

Distribución direccional: Es el volumen durante una hora en particular en el sentido predominante expresado como un porcentaje del volumen en ambos.

Con el fin de determinar el Volumen Máximo Horario de la Glorieta, se procedió a tomar las mediciones cada 5 minutos en los días de muestra, para ello se procedió a determinar el error estándar de las observación muestrales para los días seleccionados, de esta manera, el flujo vehicular, luego de aplicada la fórmula, quedo fijado de la siguiente forma:

Tabla 29. Volumen máximo horario

Horario	Numero promedio por vehículos por hora
6 : 00 a 7:00	1925
7 : 00 a 8:00	3125
8 : 00 a 9:00	2689
9 : 00 a 10:00	1963
10 : 00 a 11:00	1609
11 : 00 a 12:00	2121
12 : 00 a 13:00	2128
13 : 00 a 14:00	1813
14 : 00 a 15:00	1225
15 : 00 a 16:00	1311
16 : 00 a 17:00	2321
17 : 00 a 18:00	2485

$$(FHMD) FHMD= VHMD/N *(Qmáx)$$

Donde:

N: 12

Qmáx: Flujo máximo (171,63)

FHMD= VHMD/12 *(qmáx) Para períodos de 5 minutos

$$FHMD= 3125/12* (24715)$$

FHMD= 18,21 vehículos, es el Volumen Máximo Horario

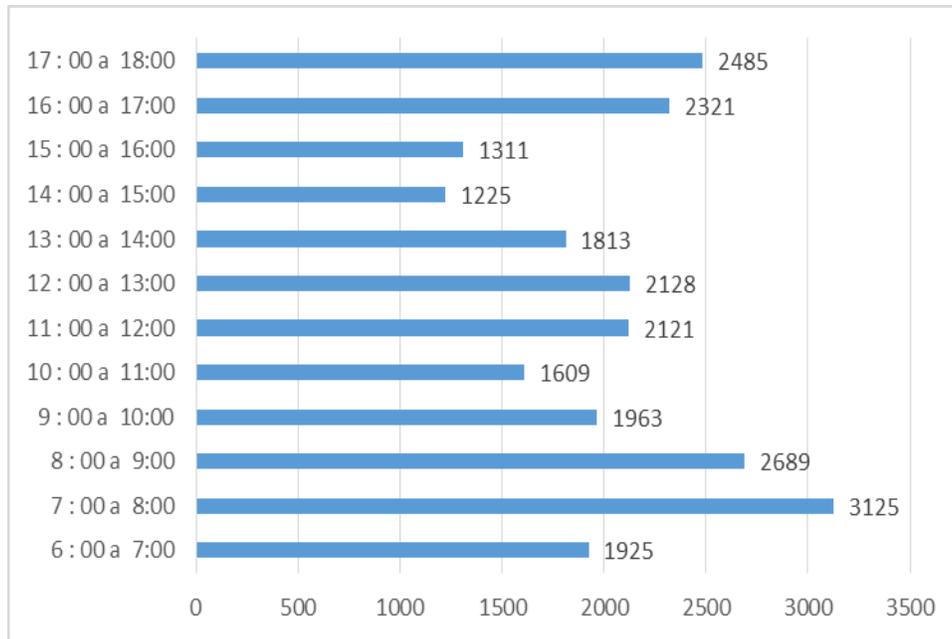


Figura 33. Flujo Vehicular Maximo Horario

4.3 Efectuar los Análisis de Tránsito en la Intersección Considerada, Mediante la Herramienta PTV Vissim, Bajo Dos Escenarios de Solución

En el marco del análisis de tránsito de la intersección considerada, se realiza la micro simulación con la herramienta PTV Vissim bajo varios escenarios para dar soluciones a los problemas identificados a través de la mencionada herramienta. En tal sentido, existen diferentes procedimientos de cálculo para el análisis de la capacidad de una intersección vial. Por tanto, es importante mencionar, que la normativa exige la verificación de la distancia en función del vehículo que se encuentra dentro de la glorieta. Dicha verificación, se realiza evidenciando la distancia en función del vehículo que se encuentra ingresando por el ramal de entrada anterior al del análisis.

De este modo, la capacidad de una rotonda se determina según Ortega (2017) por la cantidad de vehículos que de forma razonable atraviesa un punto o sección uniforme dentro de un carril de

la rotonda durante un intervalo de tiempo aceptado, empleando solo como fundamentos, la infraestructura (tamaño) leyes de transito y dispositivos de control.



Figura 34. Distancia de intersección de la glorieta El Claret

4.3.1 Procedimiento para el análisis del tráfico. Dentro del marco del procedimiento para el análisis del tráfico en la glorieta El Claret, en primer lugar se inicia con la identificación de la glorieta. Para ello, se procede a generar el espacio físico para la modelación en términos globales. Esto, se logra mediante la localización a través del GPS en línea, mediante el empleo de la opción TOGGLE BACKGROUND/GRID, seleccionándose el punto geográfico donde se encuentra la glorieta producto del estudio. El proceso se lleva a cuenta mediante la siguiente secuencia:

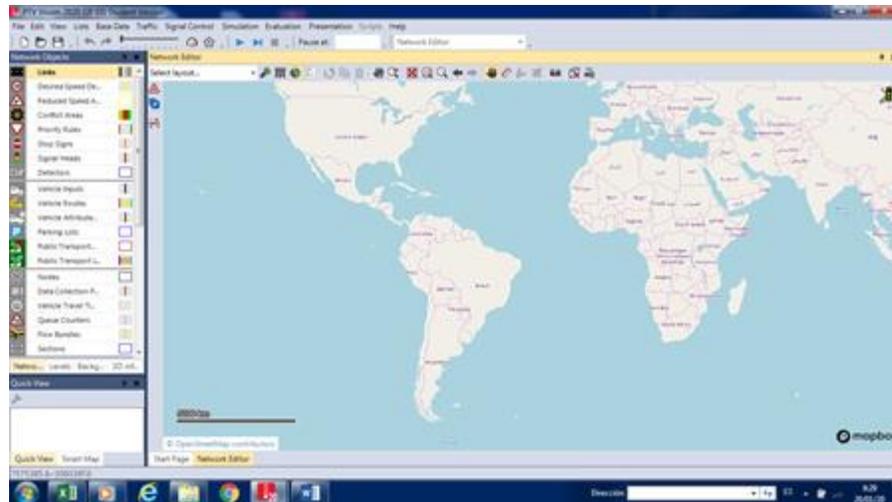


Figura 35. Búsqueda geográfica del punto

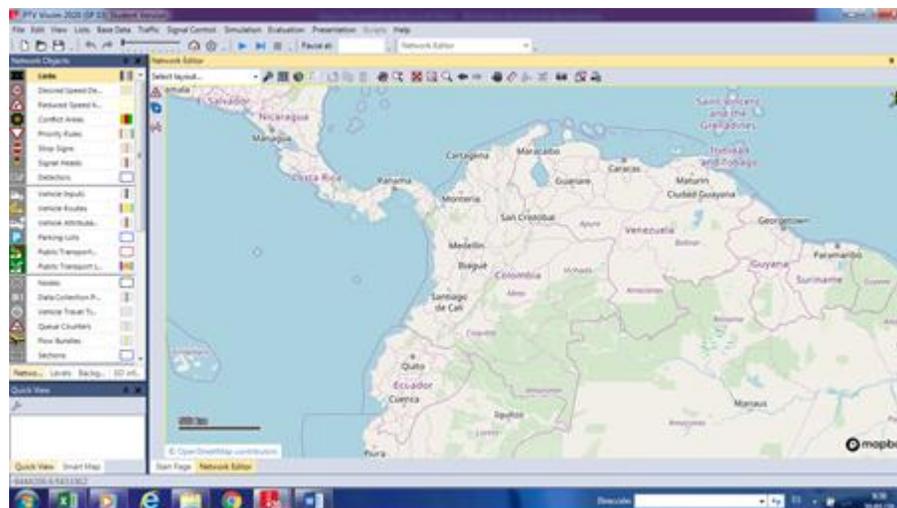


Figura 36. Selección de Colombia

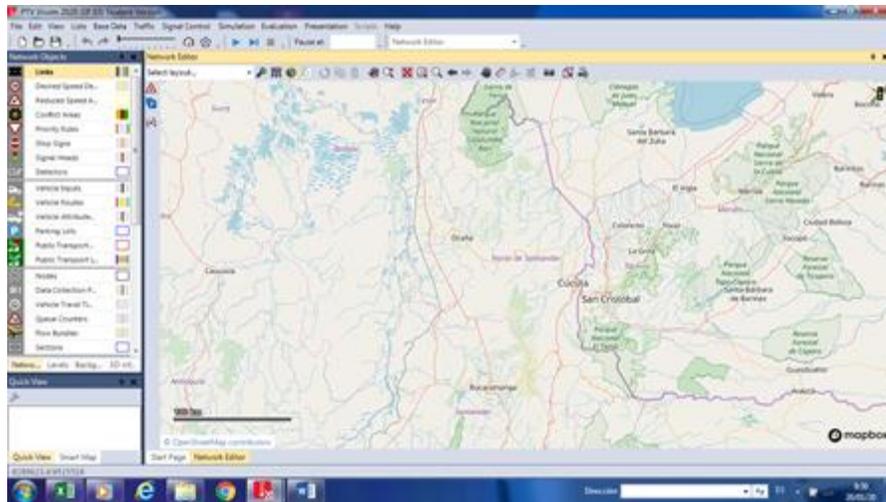


Figura 37. Selección del Norte de Santander

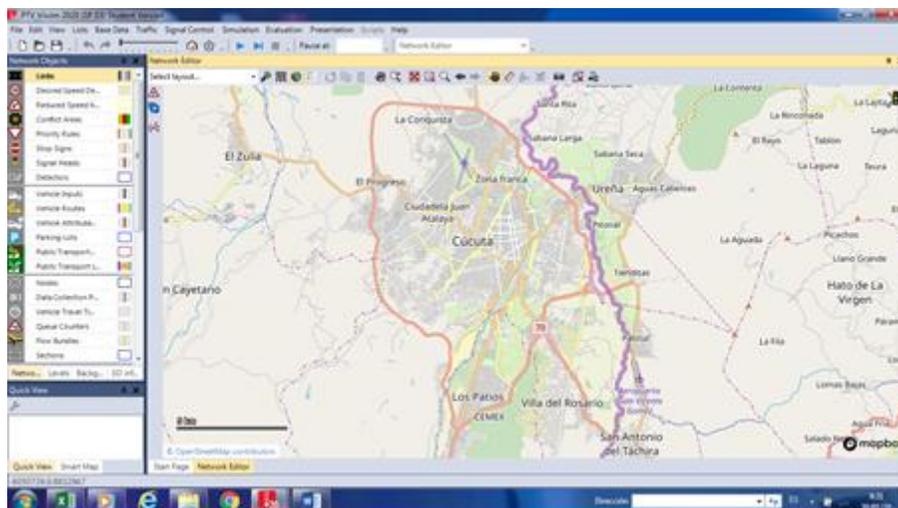


Figura 38. Selección de la ciudad de Cúcuta

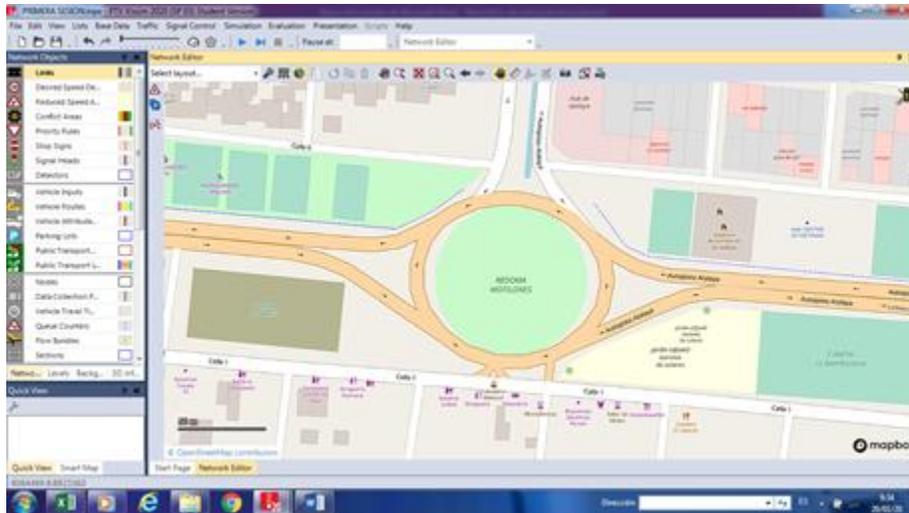


Figura 39. Selección de la Glorieta El Claret

4.3.1.1 Ajuste de la escala. Posteriormente, se procede a realizar un ajuste de la escala del mapa para realizar las mediciones correctamente. La misma, se realiza guardando una relación de 1/100, para este caso se traza una línea de referencia en autocad que en el particular tiene una distancia de 50m. Lo anterior, permite trazar sobre el segmento de referencia una línea de igual magnitud, para asignar la distancia de 50m en la ventana que aparece al finaliza el dibujo quedando de este modo el plano escalado.

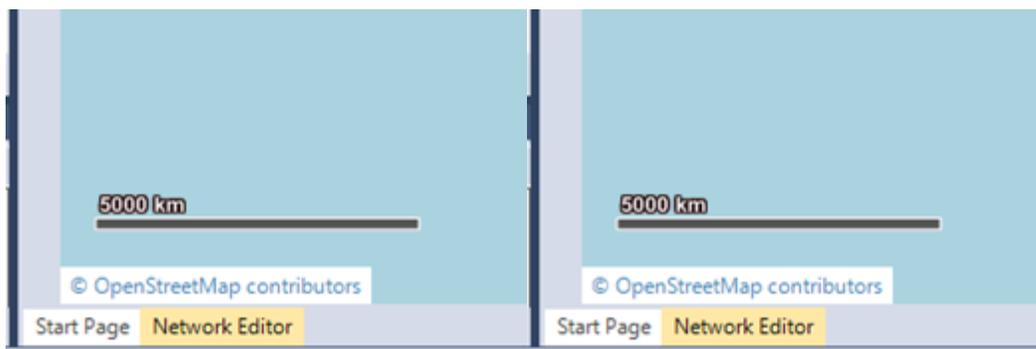


Figura 40. Relación de escala

4.3.1.2 Creación de la red vial. Continuando con el procedimiento, se realiza dentro del programa, a través de los comandos y directrices, la creación de los tramos de vías necesarias para el tránsito de vehículos en la modelación. Para ello, se parte de la información proporcionada por el GPS en línea, donde, mediante la opción Network Objects se inicia la modelación de los carriles, divisiones, rotonda, se establecen direcciones desde el inicio de la vía hasta el final.

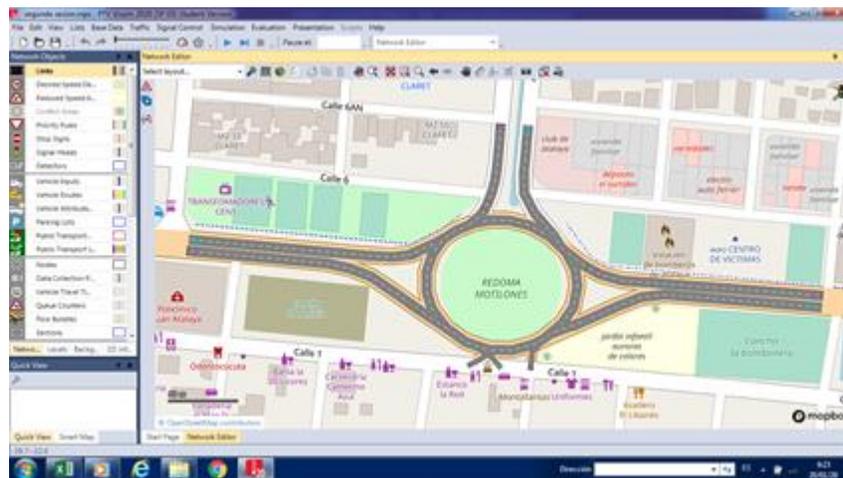


Figura 41. Diseño a escala de la redoma

Seguidamente, se diseñan las rutas, direcciones, amplitud de la vía dirección hacia donde correrán los vehículos. Específicamente, el programa es alimentado a través de la información recabada en la observación. El fin de esto, es identificar a través del programa los puntos de conflicto que tiene la vía. El modelo se realiza respetando las características, números y nombres que posee la vía.

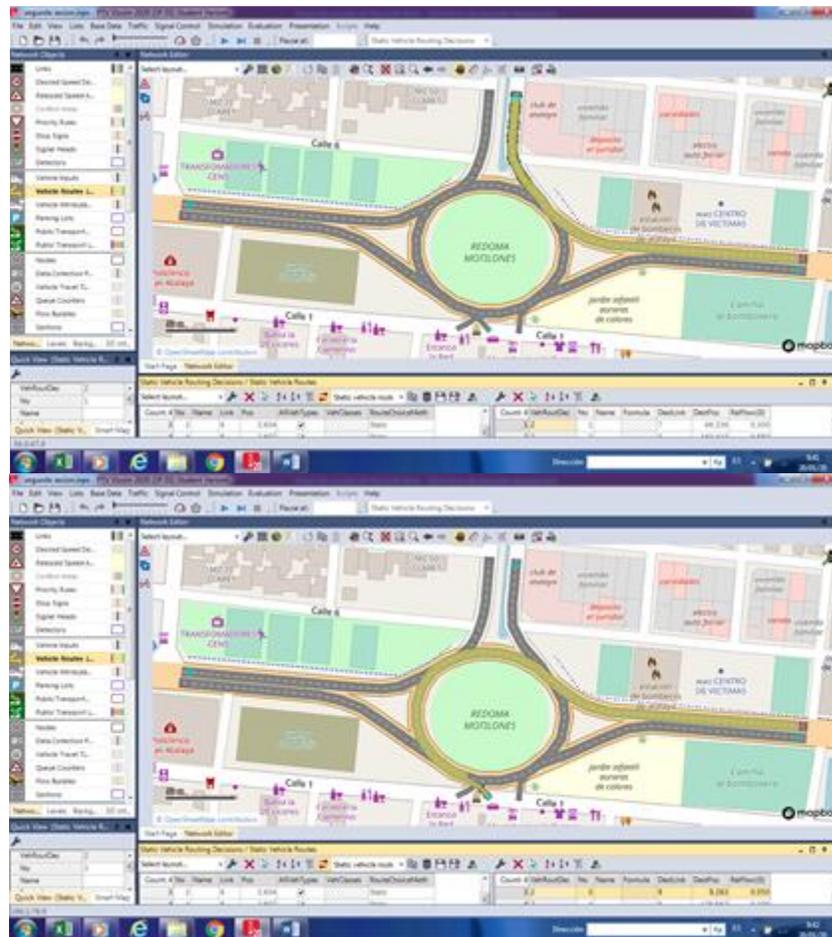


Figura 42. Diseño de la red vial

El modelo es diseñado alimentando el sistema con la información concerniente a cada vía, indicando, hacia donde se dirige cada vía, con todas las características geográficas de la zona y con la cantidad y composición de autos en promedio que transita por la vía y que fueron estimados en los primeros objetivos del proyecto.

Tabla 30. Tablas de información para la alimentación del programa

GLORIETA EL CLARET						
AFORO PROMEDIO DEL HORARIO DE 11:30 - 13:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	1692	930	296	61	91	6
ENTRADA 2	1435	805	185	190	75	5
ENTRADA 3	1007	710	118	23	12	0
ENTRADA 4	426	492	0	31	0	0
Nota:						

EN LA REALIZACIÓN DE LA MODELACIÓN EN VISSIM OBSERVAMOS QUE EL ANILISIS SE HACE A TRAVES DE UNA (1) HORA, POR LO QUE DECIDIMOS DIVIDIR EL AFORO PROMEDIO EN CADA HORA

GLORIETA EL CLARET						
AFORO PROMEDIO DEL HORARIO DE 11:30 - 13:30						
INGRESOS	VEHICULOS					
	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1	846	465	148	31	46	3
ENTRADA 2	718	403	93	95	38	3
ENTRADA 3	504	355	59	12	6	0
ENTRADA 4	213	246	0	16	0	0
Nota: Los valores impares al dividirlos no resulta un numero exacto. Ejemplo. $1435/2 = 717,5$ Por lo que decidimos sumar (+1) y así obtener un dato exacto. Ejemplo. $(1435+1)/2 = 718$						

Se trabajo el % con criterio personal			DESGLOSE DEL TOTAL DE VEHICULOS QUE INGRESARAN EN CADA GIRO					
	%	TOTAL	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	≥ C3
ENTRADA 1 G1	5%	68	42	23	7	2	2	0
ENTRADA 1 G2	55%	743	465	256	81	17	25	2
ENTRADA 1 G3	30%	405	254	140	44	9	14	1
ENTRADA 1 G4	10%	135	85	47	15	3	5	0
ENTRADA 2 G1	30%	462	215	121	28	29	11	1
ENTRADA 2 G2	55%	846	395	222	51	52	21	2
ENTRADA 2 G3	5%	77	36	20	5	5	2	0
ENTRADA 2 G4	10%	154	72	40	9	10	4	0
ENTRADA 3 G1	20%	187	101	71	12	2	1	0
ENTRADA 3 G2	5%	47	25	18	3	1	0	0
ENTRADA 3 G3	60%	562	302	213	35	7	4	0
ENTRADA 3 G4	15%	140	76	53	9	2	1	0
ENTRADA 4 G1	60%	285	128	148	0	7	0	0
ENTRADA 4 G2	25%	119	53	62	0	4	0	0
ENTRADA 4 G3	15%	71	32	37	0	2	0	0

TOTAL DE VEHICULOS POR ENTRADA	
ENTRADA 1	1539
ENTRADA 2	1350
ENTRADA 3	936
ENTRADA 4	475

AL MOMENTO DE INGRESAR LOS DATOS AL PROGRAMA SE ASUMIO LA ENTRADA 1 CON LOS VALORES DE LA ENTRADA 2 Y LA ENTRADA 2 CON LOS VALORES DE LA ENTRADA 1

DATO IMPORTANTE: EVALUANDO LA MODELACIÓN EN VISSIM, NO PODEMOS INGRESAR LA ENTRADA TOTAL DE VEHICULOS EN UNA HORA, SE INGRESARON MOVIMIENTOS DE 15 MIN.

Figura 43. Información de alimentación para el programa VISSIM

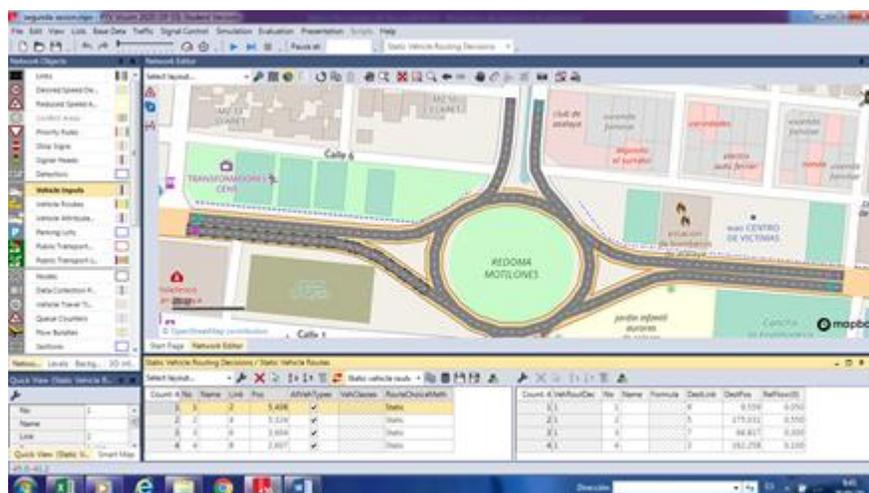


Figura 44. Diseño del esquema de entrada y salida según los datos obtenidos

4.3.1.3 Análisis del conflicto. Toda vez que se ha alimentado el programa con la información requerida, habiendo definido las rutas y sus porcentajes correspondientes, se corre el programa para observar el comportamiento de los vehículos. En atención a lo expuesto, al momento de correr el programa se detectan los errores en donde se ceden las prioridades e incluso alcanzan a sobreponerse algunos vehículos, llevando el modelo muy lejos de la realidad de la intersección. Para esto, se establecen las prioridades al diseño, dirigiéndose a la opción de Conflict Areas.

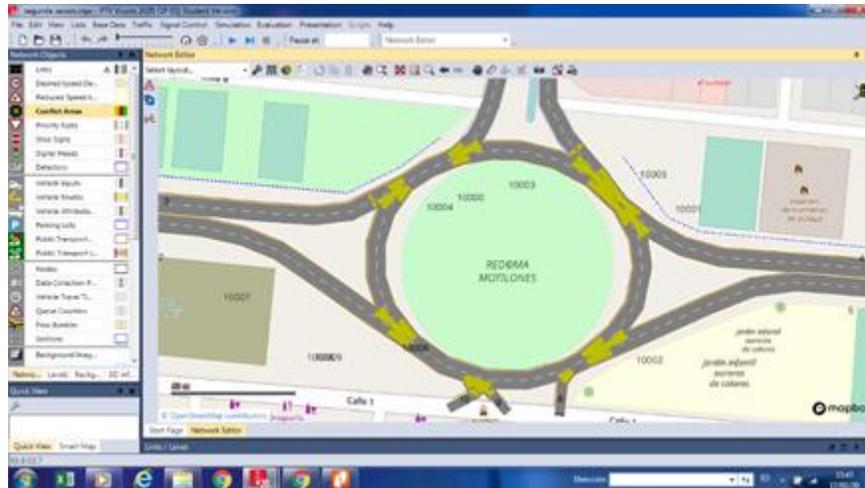


Figura 45. Zonas de conflicto

El diseño ofrece señalamientos (marcas amarillas) donde a través de la simulación, el programa detecta las zonas de conflicto. Para ello, mediante la siguiente formulación, el programa detecta las zonas de conflicto.

$$Q_p = \frac{160 * W * (1 + \frac{e}{W})}{1 + \frac{W}{L}}$$

$$e = \frac{e_1 + e_2}{2}$$

Figura 46. Ecuación para cálculo de capacidad de la rotonda

Fuente: Jerez & Morales, 2015.

En donde:

Qp: Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos/hora.

W: Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros.

e: Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento, en metros.

e1, e2: Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento, en metros.

L: Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

A través del cálculo de la capacidad de la rotonda, siguiendo los criterios de la norma técnica Colombia NTC 900-975 con referencia a las demarcaciones, alumbrado y señalamientos en las vías públicas (2006-2013) la cual, toma en cuenta las consideraciones pertinentes y presentan la metodología adaptada a los sistemas de vialidad en la nación. En este sentido, se debe proponer una longitud de entrecruzamiento que sea compatible a la geometría de la intersección. Para posteriormente, calcular la capacidad de la sección de entrecruzamiento mediante la ecuación presentada en la figura 46. Sin embargo, esta fórmula solo sirve para determinar las zonas de conflicto a nivel de sistemas. Puesto que, en la práctica en las rotondas priva la regla de prioridad en el anillo de circulación. Donde, el vehículo que está dentro; tiene la vía, mientras el que va a entrar debe esperar a que el vehículo que está dentro; salga.

En virtud de lo anterior, se identifican las zonas de conflicto en los puntos de entrada y salida de la rotonda. Cabe destacar que son puntos lógicos, puesto que es donde se origina el cruce entre los vehículos que van entrando y los que van saliendo. Se debe señalar que este modelo toma en cuenta todos los tipos de vehículos clasificados, como autos, motos, camiones de dos o tres ejes y más.

Finalmente, para determinar la capacidad total de una rotonda se debe determinar en primer lugar la capacidad de cada una de las entradas. Siendo esta capacidad, el máximo valor del flujo de tráfico de una corriente secundaria, vehículo en entrada, que puede insertarse de forma

continua en una corriente principal o anillo de circulación, a lo largo de un determinado periodo de tiempo. Mediante este principio, se garantiza la formación de una fila de espera continua en la aproximación de esa entrada, la misma que tiene que determinar su ingreso con un determinado nivel de tráfico prioritario; siendo la capacidad total de la rotonda la suma de las capacidades de cada una de las entradas. De tal modo, mediante la siguiente $C_t = CE_1 + CE_2 + CE_3 \dots CE_n$ se determina la capacidad total de la rotonda. De este modo se detectan los puntos donde se generaran zonas de conflicto.

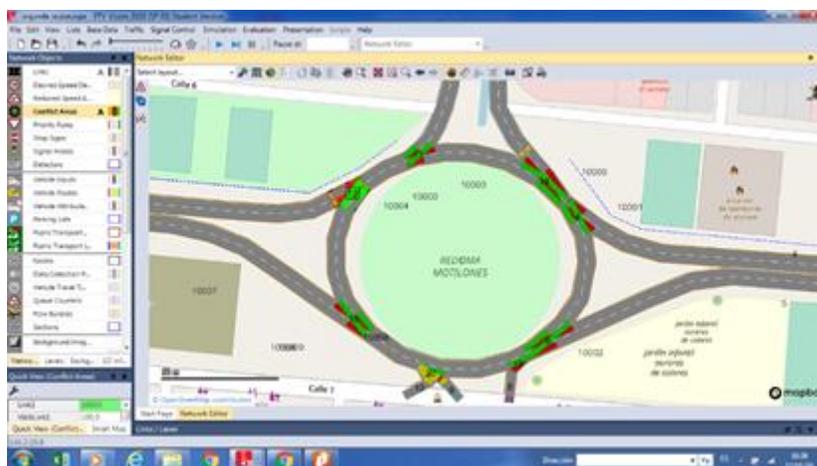


Figura 47. Identificación de la vía

En la grafica presentada por el programa Vissim 20.0 se muestra mediante color verde los vehículos que llevan la vía dentro de la rotonda en los puntos de conflicto y de rojo los vehículos que deben ceder el paso. De aquí, se pueden realizar proyección para las posibles soluciones.

4.3.1.4 Velocidades por áreas. Debido, a que el comportamiento de los vehículos después de las reglas de prioridad y las zonas de conflicto no llega a reflejar el comportamiento real del punto que se estudia; mediante el programa se puede generar una modelación, para por medio de esta herramienta, calibrar el modelo permitiendo ingresar por áreas velocidades específicas que

asemejen el comportamiento del modelo a la realidad. De allí, estas velocidades se obtienen mediante aforos en campo. En este caso, esta herramienta se uso para ingresar las velocidades específicas con las que se cruzaban los diferentes tipos de vehículos de la glorieta, usando como base una velocidad calculada de 20 Km /h.



Figura 48. Modelación de circulación

En la grafica generada por la herramienta VISSIM 20.0 se observa el ingreso de los diferentes tipos de vehículos, con las entradas y direcciones correspondientes. Sin embargo, es importante resaltar, al momento de determinar el transito automotor, los diferentes tipos de vehículos, puesto que existe una cultura de manejo diferente entre automóviles y motos. Por lo tanto en el programa, se deben realizar ajustes en el comportamiento para el manejo de motos, el cual, es distinto a los que viene por defecto en el programa. Dentro de este marco, se calibra esta variable ajustando el comportamiento de las motocicletas permitiendo el cambio de carril, el adelanto de vehículos y el transito de varias motocicletas en un mismo carril, tal como sucede en la realidad.

4.3.2 Escenarios de revisión. Son tres escenarios de revisión que se simularon en el programa Vissim 20.0, los mismos son explica a continuación:

4.3.2.1 Escenario 1: Señalización de parada. Mediante la herramienta de micro-simulación Vissim 20.0 se puede generar un escenario de revisión buscando corregir las fallas detectadas mediante la simulación dentro del programa. En este sentido, se selecciona el punto de ubicación de parada, identificado mediante una línea naranja las señalizaciones correspondientes. Por lo tanto, el programa genera una ventana en donde se puede agregar los diferentes tipos de vehículos que se quiera cumplan la parada especificando el tiempo de parada de cada uno.

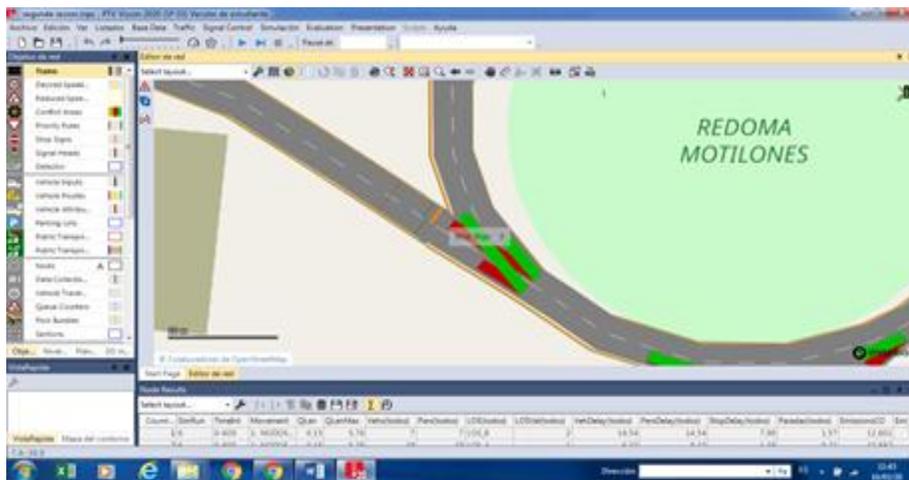


Figura 49. Señalización de pare en la entrada 3, orientación Oeste-este (vía El Zulia-Cúcuta)

Se realizó una simulación donde se colocaron señalizaciones de pare previas a la entrada de vehículos a la rotonda. Debe considerarse, que las señalización se colocaron en las cuatro entradas principales de la rotonda, esta opción se traba con la herramienta Stop Signs del programa, donde se debe seleccionar cada uno de los puntos donde se pueden agregar los diferentes tipos de vehículos especificando el tiempo.

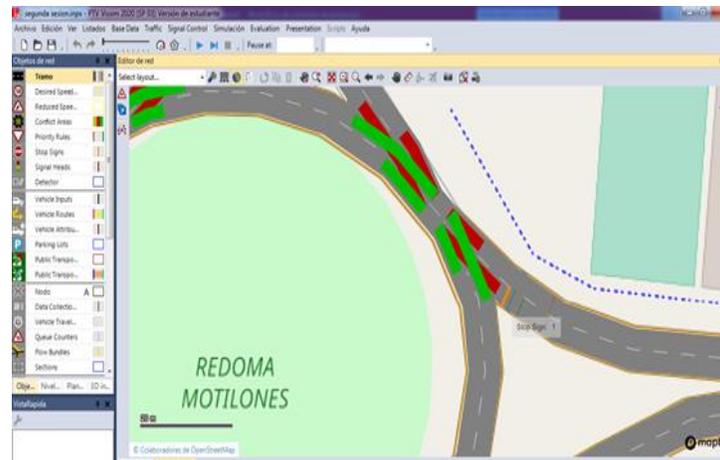


Figura 50. Señalización de pare en la entrada 1, orientación Este-Oeste (Transversal 17)

Los señalamientos de pare, se usan para reducir la velocidad de vehículos antes de ingresar a la rotonda, siendo una medida de reducción de la congestión en las zonas críticas a nivel interno (Sosa & Dueñas, 2018). Según los resultados del programa se notan una reducción en los niveles de velocidad de ingreso a la glorieta y por lo tanto descongestión en las zonas críticas identificadas.

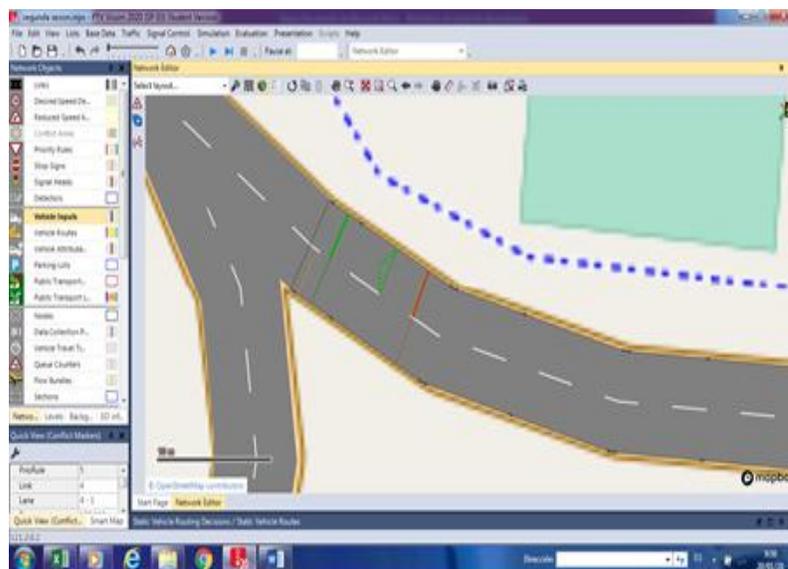


Figura 51. Acercamiento de una señalización de pare generada por el programa

4.3.2.2 Escenario 2: Creación de pasos peatonales. Otra medida de revisión que permite el programa Vissim 20.0, es el de la colocación de pasos peatonales. Las mismas, permiten el uso de la rotonda por parte de los peatones sin perjuicio para los transeúntes y que evita el tiempo de espera en la entrada de las rotondas o las desviaciones innecesarias vehiculares que generen tráfico inusual dentro de la rotonda y minimización de las zonas de conflicto (Álvarez, 2017).

La creación de pasos peatonales, se realiza mediante la herramienta Izquierda (Links) se crea el tramo vial por donde transitarán los peatones y posteriormente se selecciona el punto de ubicación se crea el tramo vial por donde transitarán los peatones (líneas amarillas). En este caso en particular se hicieron simulaciones con pasos peatonales en las dos entradas consideradas mas importantes de vehículos, según los datos ofrecidos por la información recabada, seleccionándose dos puntos, donde; mediante el método del ensayo y error, se determinó eran los puntos donde se minimizo de forma mas eficaz las zonas criticas identificadas en la rotonda previamente.

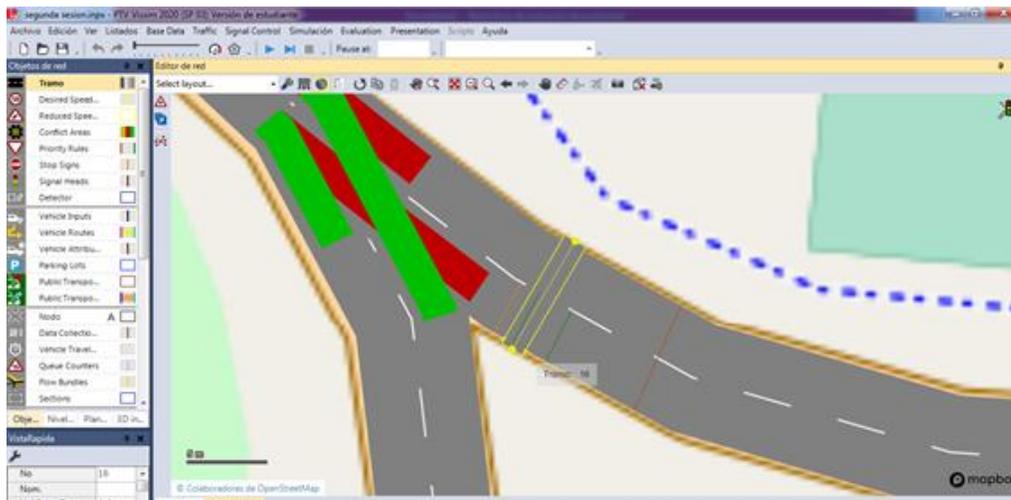


Figura 52. Paso peatonal en la entrada 1

En la figura 52 se muestra el paso peatonal colocado a la altura de la entrada 1, la transversal 17 orientación Este- Oeste. La cual, presenta el mayor porcentaje de entrada de vehículos con cerca del 36, 59%, según se estimó en el primer objetivo del proyecto.

Tabla 31. Circulación por entrada

Entradas	%
Entrada 1	36,59%
Entrada 2	31,70%
Entrada 3	20,24%
Entrada 4	11,48%

La siguiente entrada, que según la simulación de Vissim 20.0 es la que genera la mayor disminución de las zonas críticas, según el modelo, es la entrada 2 o avenida 24 orientación Norte- Sur, la cual la presenta la segunda capacidad de entrada a la rotonda con un 31,7%.

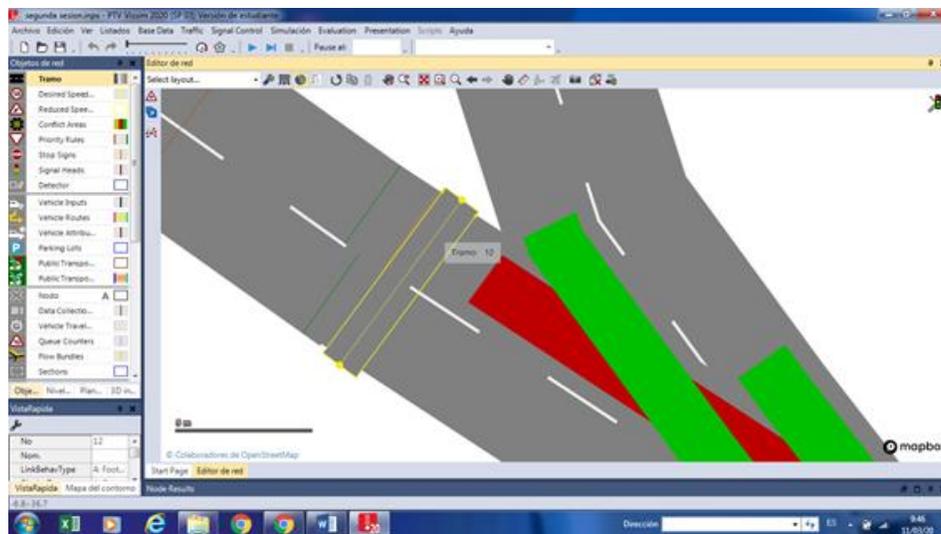


Figura 53. Paso peatonal en la entrada 2 a la rotonda

4.3.2.3 Escenario 3: Demarcación vial. La demarcación vial, en un diseño la demarcación vial, la cual interpreta los sentidos viales, pasos peatonales, e información específica (Pulido &

Gómez, 2018). Para lo cual, se selecciona la opción Pavement Markings, la misma, abre una ventana en donde se digita y selecciona la opción adecuada para cada caso que se desee demarcar.

En atención a lo expuesto, se dibuja las señales verticales en la herramienta Vissim 20.0, las cuales son aquellas que se presentan de forma fija sobre la vía o a los laterales, como señales de stop, dirección, sentido, etc (Pulido & Gómez, 2018). Deber señalarse al respecto lo siguiente, para dibujar señales de tránsito verticales y semáforos en 3D se utiliza la herramienta, 3D Traffic Signals, mediante el clic derecho se señala la ubicación de la señal y se abre una ventana, donde se podrá crear la estructura de la señal y modificar las dimensiones de la misma, permitiendo añadir brazos y escoger si se desea agregar un semáforo o señal de tránsito.

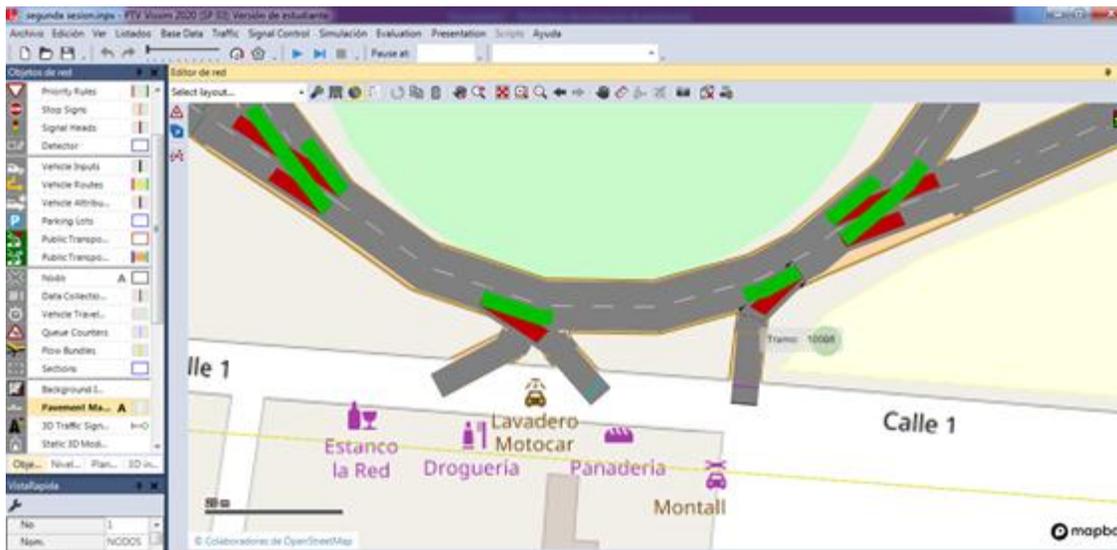


Figura 54. Punto seleccionado para la colocación de señales

El programa Vissim 20.0, mediante el cálculo de la reducción de zonas críticas y el método del ensayo y error se logró determinar los puntos donde se reduce más eficazmente las zonas críticas identificadas dentro de la rotonda analizada. En tal sentido, resulta evidente que los

cuatro puntos deben contar con señalizaciones de este tipo, sin embargo la intersección ubicada en la entrada 4 (Sur-Norte) avenida 23, es donde, con mayor éxito, se logra reducir más ampliamente las zonas críticas presentes en el modelo.

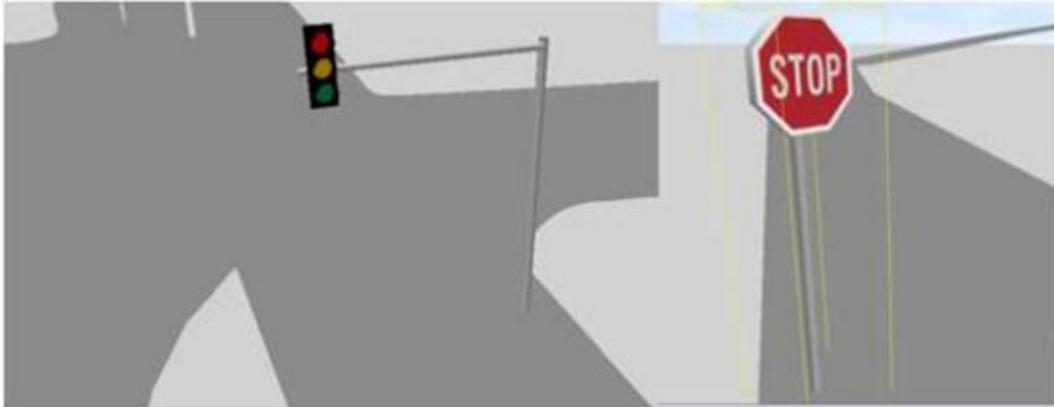


Figura 55. Ejemplo de señalización vertical

4.3.3 Selección de alternativas. Se explica a continuación:

4.3.3.1 Matriz de doble impacto. Esta matriz de doble impacto se trata de una herramienta de análisis cualitativo de riesgos que permite establecer prioridades en cuanto a los posibles riesgos operativos de un proyecto en función tanto de la probabilidad de que ocurran como de las repercusiones que podrían tener sobre el mismo en caso de que ocurrieran los fenómenos esperados (Serna, 2008).

Este tipo de medida se le da la una valoración del 1 al 5 por grado de dificultad que se presente en el modelo para el cumplimiento de los aspectos tomados en cuenta. De ese modo, si un aspecto muestra mayor factibilidad tendrá una ponderación alta de lo contrario una baja.

Criterios:

Grado de dificultad alta = 1

Grado de dificultad media = 3

Grado de dificultad baja =5

Tabla 32. Matriz de doble impacto

Soluciones	Costo	Disminución de zonas críticas	Cumplimiento normativo	Tiempo de ejecución	Total
Escenario 1 Señalización de pare	5	3	5	5	18
Escenario 2: Creación de pasos peatonales	1	1	5	1	8
Escenario 3: Demarcación vial	3	3	5	3	14

Según el análisis de la matriz de impacto se observa que el escenario 1 presenta el puntaje más alto, por lo que es esta la solución más factible en términos de costos, disminución de zonas críticas, cumplimiento normativo y tiempo de ejecución entre las alternativa propuestas.

5. Conclusiones

Tras realizar el estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta el Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander. En tal sentido, se evidenció un tráfico promedio de 68.575 vehículos de los tipos, automóviles, motos, camiones de entre dos o tres ejes y más. Tras el análisis con el programa Vissim 20.0 con el que se realizó la simulación se pudieron diagnosticar zonas críticas en la rotonda analizada, por lo que se ofrecieron alternativas de solución mediante la microsimulación para disminuir las zonas de conflicto.

Tras la toma de información de campo para los estimativos de tránsito, se obtuvo la demanda del flujo vehicular, identificando la cantidad y tipo de vehículos que circulan por la red vial. Los datos permitieron determinar el número de vehículos por entrada, con el fin de determinar la de mayor flujo vehicular. En tal sentido, se determinó que la entrada 1, o transversal 17 es la que recibe la mayor cantidad de ingreso vehicular con 36,56%, y la de menor flujo vehicular, la entrada 4 o avenida 23 orientación sur- norte con 11, 48% es la que en menor medida ofrece flujo vehicular. En promedio el tipo de vehículos que mayormente circulan por la referida rotonda es el tipo denominada como; autos con más del 50%, seguido de motos con 34,59%, siendo la de menor circulación los camiones de carga de más de tres ejes.

Siguiendo esta línea, se determinó que en promedio los horarios de mayor tráfico vehicular son los horarios entre las 6am y 8am; de 11:30 a 1: 30 pm y de 5: 30pm a 7: 30pm. En este sentido, el horario de 11: 30am a 1:30pm es la hora pico o de mayor circulación con cerca del 39% de circulación en esa hora del total de vehículos que circulan por la rotonda, seguidos muy de cerca por el horario de 5: 30pm a 7: 30pm con el 36%, mientras que el horario de 6:00 a 8:00am es la hora pico de menor demanda o flujo vehicular con 25%. Cabe destacar, que según

los análisis realizados en los antecedentes de este proyecto, esos horarios son los que convencionalmente, a nivel nacional, son los de mayor circulación promedio de vehículos.

Tras los análisis de tránsito en la intersección considerada, mediante la herramienta PTV Vissim, bajo 3 diferentes escenarios de revisión arrojaron los siguientes resultados. El análisis de circulación, determinó las zonas de conflicto trYas la microsimulacion detectando estas en los cruces vehiculares de entrada y salida de la rotonda, según el modelo logró determinar tras la alimentación mediante la información recabada en el trabajo de campo. Adicionalmente, se determino la capacidad total de la rotonda definiendo para ello la cantidad de vehículos que ingresan al sistema en diferentes horarios y en promedio al día por entrada, quedando en un total promedio de 6.698 vehículos en promedio la capacidad de la glorieta por hora.

Se realizaron tres micro-simulaciones añadiendo en cada aspecto soluciones alternas a la modificación de la glorieta. De este modo, en primer lugar se presento las señalizaciones de pare en cada entrada de la glorieta, logrando esto una reducción significativa de las zonas de conflicto

Seguidamente se realizó una simulación con las señalizaciones verticales en las entradas de la glorieta, para lo que se inicio con cada una de las entradas, determinando la entrada 1 y entrada 3 como las que mas significativamente impactan en el modelo al momento de colocar señalamientos de transito.

Finalmente, se realizó una simulación colocando pasos peatonales en las entradas a la glorieta, el modelo presento mejoramiento significativo en la altura de la entrada 1 y entrada 2 respectivamente. Siendo estas dos las seleccionadas en el modelo de microsimulacion como las que generan un mayor impacto en la reducción de zonas criticas.

6. Recomendaciones

A través de la herramienta tecnológica empleada, Vissim 20. Es posible realizar modelos de simulación que permiten observar el impacto que una propuesta vial tendría en la práctica sobre un arteria vial significativa. En tal sentido, la primera recomendación es:

Recomendar el uso de la herramienta Vissim 20. Para la obtención de información segura que brinde un porcentaje mayor de confiabilidad y conceden un mayor rendimiento en campo para la realización de mejoras viales.

Se segundo lugar, se recomienda la realización de un presupuesto ajustado sobre las tres soluciones viales ofrecidas en este documento, puesto que las conclusiones aquí ofrecidas no revelan detalles técnicos de costos y demás consideraciones económicas pertinentes para lo que hace falta un estudio de factibilidad económica que no es el objetivo de este proyecto.

En tercer lugar, sería importante la entrega de este proyecto a la Secretaría de transporte a fin de hacer las coordinaciones necesarias para la implementación de las soluciones pertinentes en la glorieta para lograr la mejoría requerida. De tal modo, que sean analizadas las tres soluciones ofrecidas y que los entes encargados puedan implementar esta solución partiendo de este estudio.

En cuarto lugar, se recomienda la realización de campañas pedagógicas que fomenten el correcto empleo de la rotonda por parte de los conductores y que la colectividad, incluyendo la comunidad afectada directamente puedan ejercer una presión en miras a promover las soluciones a la problemática partiendo de las propuestas presentadas en este proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de San José de Cúcuta. (2015). Plan de seguridad vial Cúcuta estado de Norte de Santander. San José de Cúcuta: La alcaldía.
- Álvarez, J. (2017). Micro-simulación intermodal en la ciudad del Cusco empleando los software Vissim 8 y Viswalk 8. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Arboleda, G. (2000). Cálculo y diseño de glorietas. Bogotá: AC Editores.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID).(2014). Investigación y casos de estudio en seguridad vial. Costa Rica: Centro Internacional de Formación para Autoridades Locales (CIFAL)
- Bastos, A., Santos, S., Vasconcelos, L., Seco, Á. & Silva, J. (2014). Driver behavior characterization in roundabout crossings. *Transportation Research Procedia*, 1(3), 80-89.
- Congreso de la Republica de Colombia. (2002) Ley 769, Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El Congreso.
- Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E. & Wets, G. (2010). Extended prediction models for crashes at roundabouts. *Safety Science*, 8(6), 198-207.
- De Brabander, B. & Vereeck, L. (2006). Efectos de seguridad de la rotonda en Flandes: tipo de señal, límites de velocidad y usuarios vulnerables de la carretera. *Accidente Analysis & Prevention*, 5(32), 591-599.
- Flores, M., Andachi, O., morales, J. & Quishpe, W. (2012). Estudio Del Tránsito de la Avenida BENÍTEZ – HUAMBALM. Universidad Técnica de Ambato. Tungurahua, Ecuador.

Gómez, A. (2005). El estado del arte en la modelación de problemas de tránsito. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Hernández, F. & Riaño, D. (2016). 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. Universidad de Cartagena, Cali, Colombia.

Holgado, E. (2012). Estudio de regulación del tránsito de vehículos y peatones en los alrededores de la avenida Portugal de Salamanca. Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, España.

Jerez, A. & Morales, O. (2015). Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de las Intersecciones con mayor demanda en la ciudad de azogues. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

Ministerio de Transporte. (2002). Ley 769 de 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Transporte. (2004). Resolución 4101 de 2004, Por la cual se adopta el Plan Nacional de Seguridad Vial. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Transporte. (2013). Ley 336 de 1996, por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Transporte. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Transporte. (2013b). Decreto 2851 de 2013. Por el cual se reglamentan los artículos 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 9°, 10, 12, 13, 18 y 19 de la Ley 1503 de 2011 y se dictan otras disposiciones. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Transporte. (2014). Resolución 2273 del 6 de agosto del 2014, Por la cual se ajusta el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 y se dictan otras disposiciones. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Transporte. (2014). Resolución Número 0001565, Por la cual se expide la Guía metodológica para la elaboración del Plan Estratégico de Seguridad Vial. Bogota: El Ministerio.

Navarrete, D. (2009). Metodología para la investigación de accidentes en las obras de edificación. Escuela Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (2018). Boletín Estadístico Fallecidos, Lesionados y Accidentes en Hechos de Tránsito – Norte de Santander 2016-2017. Bogotá: El Observatorio.

Organización Mundial de la Salud. (2018). Las 10 principales causas de defunción. Ginebra: OMS.

Ortega, H. (2017). Evaluación de la capacidad en rotondas, en función de la optimización de su diseño geométrico basado en un aumento de la seguridad. Caso de estudio Cuenca. Instituto Politécnico de Leiria, Oporto, Portugal.

Pereda, C. & Montoya, M. (2018). Estudio y optimización de la red vial Avenida América sur, tramo prolongación César vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo. Universidad privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Prieto, E. (2012). Plan Nacional de Seguridad Vial. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

- Pulido, P. & Gómez, M. (2018). Evaluación de la capacidad y nivel de servicio de la glorieta ubicada en la calle 63 con carrera 50 en Bogotá D.C. – Colombia por medio de métodos no convencionales, Bogotá, Colombia.
- Ríos, E. (2018). Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con Infracore y Synchro 8. Universidad de Piura, Lima, Perú.
- Román, B. (2016). Nombre del trabajo: Fortaleciendo al sector académico para reducir los siniestros de tránsito en América Latina: Investigaciones y Casos de Estudio en Seguridad Vial. Universidad de Monterrey, Ciudad de México, México.
- Ruedas, R. & Gómez, A. (2016). Análisis de la percepción del riesgo de los accidentes de tránsito con motocicletas por medio de una encuesta en Ocaña Norte de Santander. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.
- Salvador, I. & Robusté, L. (2000). Principios para la micro-simulación del tráfico. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Serna, H. (2008). Gerencia estratégica. Bogotá: 3R ediciones.
- Sosa, P. & Dueñas, I. (2018). Estudio comparativo entre una glorieta target y una glorieta convencional por medio de su diseño geométrico y microsimulación de tráfico como alternativa de intersección vial en Bogotá. Universidad Santo Tomás de Aquino, Bogotá, Colombia.
- Suárez, A. (2007). Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante la micro-simulación. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Zafra, P. & Pedraza, J. (2014). Estudio de factibilidad de pasos peatonales y mecanismos de seguridad vial sobre la Avenida Demetrio Mendoza desde la redoma de San Luis hasta el peaje vial Ureña. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.