

**ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES
ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE
SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA**

**DEYBID BRANDON FARIETA MIRANDA
JEFREY SEBASTIAN MELO CORDOBA
FABIÁN ANDRÉS CARDONA MARTÍNEZ**

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

**ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE PEAJES
ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE
SOLUCION DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA**

DEYBID BRANDON FARIETA MIRANDA

JEFFREY SEBASTIAN MELO CÓRDOBA

FABIÁN ANDRÉS CARDONA MARTÍNEZ

**Trabajo de grado presentado como opción parcial para
obtener el título de Ingeniero Civil**

**Asesor Disciplinar:
ING. DARÍO NARANJO TORRES**

**Asesor Metodológico:
LIC. LAURA CALA CRISTANCHO**

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

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., 29 de Mayo de 2015

Agradecimientos

A Dios, por haber permitido que a pesar de las dificultades, pude culminar esta etapa de mi vida con éxito, por haberme brindado las bendiciones de poder tener a mi lado personas tan valiosas e importantes durante este proceso.

A mi madre Roció Miranda, mi tía Martha Farieta y mis abuelos, les agradezco su amor, comprensión, motivación y esfuerzo, ya que sin ellos no hubiera podido terminar mis estudios académicos.

A mi hermana Erika Farieta y mi novia Jessica Pinto, les agradezco su cariño, comprensión y apoyo incondicional, ya que gracias a ustedes aprendí a aprovechar las oportunidades de la vida.

A mis tutores Laura Cala y Darío Naranjo, les agradezco su enseñanza, dedicación y paciencia.

Por ultimo este título de Ingeniero Civil es para la persona más importante de mi vida, mi ejemplo y mi amigo, mi padre Álvaro Farieta, que con su rigidez, esfuerzo, comprensión, dedicación, consejos y paciencia ha hecho junto con mi madre el hombre que soy hoy en día.

Deybid Brandon Farieta Miranda.

Agradecimientos

A Dios que cuando más me sentí desfallecer siempre estuvo dándome fuerzas y guiándome por el camino correcto, dándome sabiduría y comprensión.

Agradezco inmensamente a mis padres Lucero Martínez y Virgilio Cardona por el apoyo y motivación durante este periodo de estudios, a mis hermanos Luis Cardona Martínez y Yadira Cardona Martínez por sus palabras de apoyo cuando más se necesitaba, cuando siempre se creía que ya no se podía mas siempre estuvieron hay. Gracias familia.

Agradezco a mi novia Allison Padilla por convertirse en el ser que siempre estuvo pendiente, por estar siempre hay cuando la necesite.

Agradezco a todos que de un modo u otro hicieron este sueño posible.

Fabián Andrés Cardona Martínez.

Agradecimientos

A Dios que durante todo el camino de investigación y de carrera me dio las fuerzas para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi Familia y allegados que sin su apoyo y motivación este proyecto no sería realidad.

A mis asesores investigativos que sin su supervisión y guía el proyecto no se habría materializado.

Jefrey Sebastián Melo Córdoba.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
2 JUSTIFICACIÓN.....	11
3 OBJETIVOS.....	12
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
4 ANTECEDENTES.....	13
5 MARCO REFERENCIAL	18
5.1 MARCO CONCEPTUAL	18
5.2 MARCO GEOGRÁFICO	23
5.3 MARCO LEGAL.....	25
6 DISEÑO METODOLÓGICO	29
6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	29
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
6.3 HIPÓTESIS	29
6.4 DISEÑO MUESTRAL	29
6.5 FASES DE INVESTIGACIÓN	31
6.6 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	32
7 RESULTADOS Y DISCUSION	33
7.1 RECOLECCION DE INFORMACIÓN	33
7.1.1 TRABAJADORES DEL PEAJE CHUSACA	33
7.2 IMPACTOS ECONOMICOS	34
7.2.1 IMPACTO ECONOMICO DE LA COCESION	34
7.2.2 REDUCCIÓN DE COSTOS	34
7.2.3 IMPACTO ECONÓMICO DEL PERSONAL	35
7.2.4 IMPACTO ECONÓMICO DEL USUARIO	36
7.2.5 IMPACTOS ECONOMICOS A FUTURO.....	36
7.2.6 DESCRIPCION TECNICA DEL PEAJE.....	38
7.2.7 VEHICULOS EXENTOS DE PAGO DEL PEAJE	39
7.2.8 REGISTRO FOTOGRÁFICO Y FILMACIÓN.....	40
7.2.9 COMPARACION DE COSTOS	42

7.2.10	Costos del usuario	45
7.3	DETERMINACIÓN DE VOLUMEN VEHICULAR E IMPACTO DE MOVILIDAD	47
7.3.1	VOLUMENES VEHICULARES.....	50
7.3.2	TIEMPO DE ATENCION.....	56
7.3.3	TIEMPO DE LLEGADA.....	56
7.3.4	TIEMPO EN EL SISTEMA DE PEAJE	57
7.3.5	COLA VELICULAR	58
7.4	REPRESENTACION SISTEMA ACTUAL VS SISTEMA FREE FLOW	62
7.4.1	REPRESENTACION DEL PEAJE ACTUAL	63
7.4.2	REPRESENTACION SISTEMA FREE FLOW	65
7.5	ANALISIS DE RESULTADOS	69
7.5.1	COMPORTAMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR.....	69
7.5.2	COMPARACION DEL PEAJE ACTUAL Y EL SISTEMA FREE FLOW	70
8	CONCLUSIONES	73
9	RECOMENDACIONES.....	75
	BIBLIOGRAFÍA Y WEB GRAFÍA.....	76
	ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Trabajadores del peaje Chusaca.	33
Tabla 2. Beneficios económicos.	34
Tabla 3. Cargos operarios de la concesión.....	35
Tabla 4. Descripción técnica del peaje Chusaca	38
Tabla 5. Costos de implementación Free Flow	43
Tabla 6. Costos de implementación de peaje convencional de 6 Casetas.	44
Tabla 7. TPD del año 2014- ANI	45
Tabla 8. Resumen Costo del usuario	46
Tabla 9. Clasificación de vehículos	47
Tabla 10. Volumen vehicular Bogotá – Girardot	50
Tabla 11. Volumen vehicular Girardot - Bogotá	54
Tabla 12. Tiempo promedio de atención (9:06- 10:06)	56
Tabla 13. Tiempo promedio de llegada (8:06 – 8:36)	57
Tabla 14. Tiempo promedio de llegada (12:06 – 12:36)	57
Tabla 15. Tiempo total en el sistema (10:06- 11:06).....	57
Tabla 16. Cola vehicular (11:40- 13:00).....	58
Tabla 17. Parámetros de medición de cola.....	61
Tabla 18. Correlación de tiempo de llegada	62
Tabla 19. Comparación Peaje Standard Vs Sistema Free Flow	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo funcional Sitema Free Flow	19
Figura 2. Pórtico sistema Free Flow	20
Figura 3. TAG de identificación Vehicular	20
Figura 4. Cámaras de reconocimiento vehicular	21
Figura 5. Sistema de cobro Free Flow.....	22
Figura 6. Zona de estudio Peaje Chusaca	23
Figura 7. Vista aérea del peaje Chusaca.....	24
Figura 8. Eje vial de la via Bogota- Girardot	24
Figura 9. Peaje Chusaca	40
Figura 10. Casetas de cobro	40
Figura 11. Vendedores informales.....	41
Figura 12. Entrada y salida de vehículos en el peaje	41
Figura 13. Cola formada por autos	42
Figura 14. Representación sistemática peaje actual, PTV Vissim 7, 3D	63
Figura 15. Representación sistemática peaje actual, PTV Vissim 7, 2D	63
Figura 16. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.	64
Figura 17. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.	64
Figura 18. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.	65
Figura 19. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.	65
Figura 20. Representación sistemática sistema Free Flow, PTV Vissim 7, 3D. ..	66
Figura 21. Representación sistemática sistema Free Flow, PTV Vissim 7, 2D. ...	66
Figura 22. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.	67
Figura 23. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.	67
Figura 24. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.	67
Figura 25. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.	68
Figura 26. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.	68
Figura 27. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.	69

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Volumen vehicular Bogotá- Girardot (5 Horas)	51
Grafica 2. Variación horaria Bogotá- Girardot (5 Horas).....	52
Grafica 3. Volumen vehicular Girardot- Bogotá (5 Horas)	55
Grafica 4. Variación horaria Girardot- Bogotá (5 Horas).....	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de estudio de volúmenes vehiculares.....	79
Anexo 2. Aforo Bogotá- Girardot (8:00- 9:00)	80
Anexo 3. Aforo Bogotá- Girardot (9:00- 10:00)	81
Anexo 4. Aforo Bogotá- Girardot (10:00- 11:00)	82
Anexo 5. Aforo Bogotá- Girardot (11:00- 12:00)	83
Anexo 6. Aforo Bogotá- Girardot (12:00- 13:00)	84
Anexo 7. Aforo Girardot- Bogotá (8:00- 9:00)	85
Anexo 8. Aforo Girardot- Bogotá (9:00- 10:00)	86
Anexo 9. Aforo Girardot- Bogotá (10:00- 11:00)	87
Anexo 10. Aforo Girardot- Bogotá (11:00- 12:00)	88
Anexo 11. Aforo Girardot- Bogotá (12:00- 13:00)	89
Anexo 12. Formato de tiempo de atención en taquilla.....	90
Anexo 13. Aforo tiempos de atención en la taquilla (9:06- 10:06)	91
Anexo 14. Formato de tiempo de llegada al peaje.....	92
Anexo 15. Aforos tiempo promedio de llegada al peaje (8:06- 8:36)	93
Anexo 16. Aforos tiempo promedio de llegada al peaje (12:06- 12:36)	94
Anexo 17. Formato tiempo total en el sistema	95
Anexo 18. Tiempo total en el sistema (10:06- 11:06)	96
Anexo 19. Formato cola vehicular	97

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como tema principal el estudio de viabilidad de implementación de peajes electrónicos con sistema Free Flow en el peaje de Chusaca, Cundinamarca, Colombia, el cual, es una modalidad de peaje que permite el cobro a los vehículos que circulan por una vía que contenga un alto flujo vehicular, sin necesidad de detenerse en un punto de pago localizado (Peaje Standard). En este caso el peaje Chusaca cuenta con un pago tarifario en efectivo, que en horas pico o en días feriados presenta complicaciones de movilidad, generando demoras y trancones, una vez vista esta problemática se plantea un estudio el cual contemple diferentes aspectos técnicos los cuales indiquen datos estadísticos, los costos de implementación y operación, comparación y modelación entre los sistemas de peaje a evaluar, y el estudio de viabilidad de la implementación de peajes electrónicos con sistema Free Flow para mitigar los diferentes problemas de movilidad que se presentan en la zona de Chusaca en estos momentos.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La vía Bogotá – Girardot comprende 340 km en su totalidad, tiene en su recorrido el peaje de Chusaca en el K18+840. Este presenta problemas de movilidad evidenciados en determinados sectores de la misma, particularmente en las proximidades al peaje existente como: disminución de velocidad de los vehículos, generando demoras y embotellamiento causado por el proceso de pago del peaje realizado mediante transacciones en efectivo. Esto produce demoras que generan el deterioro del servicio, adicionalmente disminuye la posibilidad de manobra y libertad en la movilidad de los vehículos, generando inconvenientes en la interacción por causas comerciales y culturales entre la ciudad de Bogotá y los municipios y/o que aprovechan la disminución de la velocidad de los vehículos con el fin de establecer interacción de tipo comercial con los usuarios de la vía, incrementando los problemas de movilidad en la vía.

Por esta razón se ve la necesidad de plantear la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo implementar peajes electrónicos con sistema Free Flow como alternativa para facilitar la movilidad en el peaje de Chusaca?

2 JUSTIFICACIÓN

Se realiza el presente estudio con el fin de determinar la viabilidad de la implementación de peajes electrónicos con sistema Free Flow, los cuales permiten el flujo continuo en una vía y realizando cobros por medio electrónico en un sistema cerrado. Por esta razón se propone la implementación de este sistema altamente utilizado y aprobado en los diferentes países del mundo, dado que es importante iniciar con el desarrollo vial de un país para mejorar la interacción de los mercados mediante implementación de sistemas que optimicen la calidad de las vías.

Este estudio busca una alternativa de solución a la problemática evidenciada en el peaje Chusaca, el cual muestra atrasos continuamente en la movilidad por el cobro de peajes, provocando inconformidad a los usuarios. Por este motivo los sistemas de peajes electrónicos ayudarían a que todos estos problemas se solucionaran, ya que permite tener una movilidad adecuada en la vía, realizando los cobros por medio de sensores y antenas las cuales identifican el paso del vehículo analizando su matrícula y el respectivo TAG (Etiqueta de identificación vehicular), sin necesidad de disminución de velocidad del mismo, provocando efectos tales como la mejora en la seguridad del tránsito, aumento de la capacidad de tráfico de la vía, comodidad para el usuario, menores costos de infraestructura y menores costos de operación, así mismo la implementación de este sistema electrónico promueve el desarrollo tecnológico, sociocultural y de infraestructura vial del país.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la viabilidad de la implementación de peajes electrónicos con sistema Free Flow como alternativa de solución de movilidad en el peaje Chusaca.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recolectar información primaria y secundaria que permita establecer la condición social, administrativa y técnica que contribuyan al estudio de la implementación de peajes electrónicos con sistema free Flow en el peaje Chusaca.
- Determinar la magnitud del volumen vehicular que atraviesa la sección transversal del peaje, y el impacto a la movilidad que genera el sistema de cobro actual.
- Representación sistemática mediante el Software PTV Vissim 7 y SketchUp 2015 sobre el comportamiento del peaje actual contra el sistema Free Flow.
- Analizar los resultados del comportamiento del flujo vehicular en el peaje Chusaca.

4 ANTECEDENTES

De acuerdo a las investigaciones realizadas por otros autores se presenta algunos de estos estudios:

A nivel internacional, en la Universidad Autónoma de Madrid, Henar Gómez de Merodio Perea¹ realizó una investigación sobre Tarificación Dinámica en un Sistema de Gestión Tele- peaje. En este estudio el investigador desarrolla una metodología basada en el proceso de gestión para la tarificación de un peaje electrónico Free Flow. Este sistema de Tele – peaje es una modalidad de cobro a los diferentes vehículos que circulan por una vía sin la necesidad de detenerse en un punto de pago, especialmente apropiado para carreteras que soportan grandes cantidades de tráfico.

Los métodos de tarificación que se han venido implementando hasta el momento, corresponden a configuraciones predeterminadas, pero no se adaptan a las condiciones del tráfico. La tarificación dinámica en estos sistemas optimiza recursos del peaje asignando tarifas progresivamente en función del día y de la hora dependiendo del estado del tráfico en cada momento. Por esta razón los módulos de tarificación utilizan un algoritmo encargado de calcular los pagos del peaje usando diferentes datos que se reciben por medio de una serie de sensores situados a lo largo de la vía, y teniendo en cuenta el tiempo que un conductor se ahorra gracias al servicio que proporciona el peaje, así mismo se tiene el enfoque los siguientes temas:

- SISTEMA DE PEAJE FREE FLOW

Estos peajes están compuestos de varios sistemas con funciones diferenciadas que se comunican entre ellos para aportar un servicio óptimo y acorde con las expectativas tanto del cliente como de los colectores de los pagos del peaje.

Los sistemas que intervienen en este tipo de tele-peaje Free Flow son:

1. Sistema Inteligente de transporte (ITS): Constituye el sistema de gestión de tráfico en carretera. Está formado por diversos dispositivos que recogen toda la información necesaria de la vía y se la comunican a los sistemas que tratan los datos, en este caso, el Back Office y el Módulo de Tarificación Dinámica.

¹ GOMEZ DE MERODIO PEREA, Henar. Uní, Autónoma de Madrid. "TARIFICACION DINAMICA EN UN SISTEMA DE GESTION TELE-PEAJE". [en línea]. Septiembre 2013. Disponible en la web: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20130924HenarGomezdeMerodioPerea.pdf>.

2. Back Office: Sistema donde se realizan las tareas destinadas a gestionar los viajes del peaje para prepararlos para el cobro.
 3. Módulo de Tarificación Dinámica (MTD): Este módulo constituye el sistema gestor de tarifas. Recibe información de la carretera y calcula las tarifas que más se adapten a cada situación utilizando para ello un Algoritmo de Tarificación Dinámica.
 4. Websites: Los sitios web son la principal ventana entre la concesionaria de la carretera y los clientes finales, ya que podrán obtener fácilmente información de las tarifas publicadas a través de Internet.
- **MODULO DE TARIFICACION DINAMICA**
Este módulo estudia las diferentes fases del proyecto y el análisis de las actividades llevadas a cabo para el diseño de un sistema máster de tarifas que genera dinámicamente los precios de los peajes.
 - **ALGORITMO DE TARIFICACION DINAMICA**
El algoritmo de tarificación dinámica es el motor principal del módulo de tarificación que es el encargado de calcular las tarifas tomando como entradas los datos que le aporta MTD, que se obtienen directamente de los sensores MVD (Microwave Vehicle Device) de la carretera.
 - **LAN DE PRUEBAS**
En el transcurso de todo el proyecto, antes de pasar a un entorno de producción, se debe seguir por un periodo de pruebas donde se cuestionen todos los requisitos y especificaciones establecidas desde el comienzo del proyecto. Esta sección define las pruebas que han de desarrollarse para la aprobación del MTD antes de ponerlo en funcionamiento.

El autor concluye que al realizar la investigación sobre la tarificación dinámica en un sistema de gestión Tele- peaje, desarrolló un sistema que pudo permitir tarificar dinámicamente los precios para los peajes electrónicos Free Flow aportando en función de la velocidad del tráfico, también demostró los avances en los sistemas de peaje, así como la gestión del tráfico y de los sistemas de detección de las condiciones viales, obteniendo un sistema estable y preparado para la puesta en marcha.

Esta investigación tiene una gran relación con la presente investigación a tratar, ya que muestra como puede ser la forma adecuada del funcionamiento de tarificación y cobro al implementar el sistema Free Flow en Colombia, específicamente en el peaje Chusaca.

Además también otros datos e información recopilada por otros autores muestran: Que a nivel internacional es donde más se da la aplicación de este tipo de peajes electrónicos, el investigador Juan Enrique Ruiz Gonzales², quien realizó una investigación sobre el sistema de peaje Free Flow para la autopista central de Santiago de Chile. El artículo explica de una manera detallada la implementación del sistema Free Flow o peajes de flujo libre en la autopista central de Santiago de Chile como ya se mencionó anteriormente, este hace mención en el análisis realizado por decenas de ingenieros que a partir de demografía de parque automotor de la ciudad y de volúmenes vehiculares, concluyendo en adaptar el sistema de Toll Free Flow en la autopista central, asociando así cinco concesiones viales de gran importancia, con el fin de optimizar las modalidades viales y la calidad de las mismas.

Se explican los componentes técnicos del sistema debidamente estructurados a partir de modificaciones jurídicas a los documentos reglamentarios de tránsito.

1. SISTEMA ELECTRÓNICO DE PEAJE

Integrado por el sistema físico en la vía, se encarga de tomar los datos de los vehículos previamente registrados, el TAG (dispositivo denominado transponder) envía los datos a la central con el fin de registrar la transacción.

2. SISTEMA DE OPERACIÓN DE PEAJE

Integrado por una central auto sostenible en la cual se filtran y verifican los datos del usuario, los vehículos que no sobrepasan los límites de confiabilidad son analizados independientemente por agentes que verifican la inconformidad y generan reportes en caso que sea necesario.

3. SISTEMA DE SERVICIO AL CLIENTE

Constituido por una central operada por los anteriores agentes de los peajes de caseta para recibir llamadas, información del estado mecánico y eléctrico del TAG, encargados del mantenimiento y control del sistema.

El investigador y autor del presente artículo narra un pequeño resumen histórico desde los inicios del Free Flow en Canadá en el año 1997 y de cómo este ha venido evolucionando en los últimos, además de solucionar gran cantidad de problemas de movilidad que se presentaban en las zonas, además también de disminuir los índices de contaminación.

El autor toca los siguientes temas que fueron la base para conformar el estudio del que hoy se habla:

²RUIZ GONZALES, Juan Enrique. Revista de obras públicas y ciencia y técnica de la Ing. Civil. "SISTEMA FREE FLOW PARA AUTOPISTA CENTRAL DE SANTIAGO DE CHILE".[en línea].Julio 2010.Disponible en la web: http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2005/2005_junio_%203456_02.pdf

DESCRIPCIÓN DE LAS AVENIDAS URBANAS: En la segunda parte del artículo, se evidencia la calidad y estado de las avenidas urbanas chilenas a partir de datos estadísticos de cinco años atrás, resaltando el parque automotor del 2009 en 1'700.000 vehículos correspondiente directamente al crecimiento demográfico del país, afectando así de a poco los niveles de congestión en arterias principales del país en general y más específicamente de la ciudad de Santiago de Chile.

NECESIDAD DE IMPLEMENTAR EL SISTEMA TOLL FREE FLOW: Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados, el gobierno chileno a partir de estudios de volúmenes vehiculares, origen destino, tiempos de viaje y demás analogías que permitieron a los entes gubernamentales adoptar medidas en las vías nacionales, una de ellas fue la implementación de peajes electrónicos con el fin de minimizar las congestiones generadas por las casetas de peaje, iniciando así por la autopista central de Santiago de Chile.

CONCEPTO DE FREE FLOW: Se realiza un análisis detallado en este segmento del artículo del sistema electrónico como tal, haciendo referencia a la versatilidad del mecanismo superando así el peaje electrónico con transacción mediante tarjeta de identificación, que si bien reduce las demoras no soluciona de fondo la problemática evidenciada puesto que aun así, el vehículo automotor requiere detener la marcha y realizar la transacción.

COMPONENTES DEL SISTEMA IMPLEMENTADO: Finalmente se sintetiza con que el sistema implementado en la avenida central de Santiago de Chile consta de tres elementos o componentes en los cuales se evidencia la autonomía del sistema, excepto en los casos que no aprueben los filtros de seguridad veracidad en la información de la autenticación del vehículo, en los cuales, el sistema remite el caso a la central, en la cual se comparan detalladamente los datos de autenticación y se toman medidas en caso de ser necesario.

Como conclusión se puede decir que el sistema electrónico Free Flow apporto a la ciudad de Santiago de Chile a disminuir las problemáticas de movilidad allá evidenciadas, causadas por el incremento del parque automotor. Además de esto, fue posible identificar que las temáticas tratadas en el artículo, contribuyen de manera directa a la ampliación de los enfoques que la investigación y que en varias ciudades alrededor del mundo han adoptado el sistema anteriormente mencionado, generando así crecimiento en varios aspectos sociales y culturales.

Por tal razón los sistemas Free Flow, son definitivamente el método más efectivo de sistemas de peaje, ya que proporcionan beneficios económicos y de movilidad que garantizarían en gran medida la disminución de trancones, contaminación y otro tipo de agentes que de un modo u otro pueden afectar la movilidad en la zona tratada.

A nivel nacional se observa que no se está haciendo una gran investigación sobre este tema, dado que en ciertas partes del país no se observan tantos problemas de movilidad como los que se presentan en las zonas aledañas a Bogotá, y en esta misma ciudad. De tal manera no se encuentra información donde se pueda indicar que en realidad se está haciendo una investigación sobre este tema en el país. Es por esta razón que se recurrió a información internacional para asociar el presente tema de investigación, y de este modo dar una idea de que trata el tema de investigación.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

Dentro de los conceptos que se manejan en este tema de investigación se observa que son de gran importancia los conceptos de Infraestructura vial, ya que este focaliza en gran parte el tema de investigación, este concepto constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos. La función de la infraestructura vial es asegurar que esta se mantenga en buena condición y funcionamiento de forma continua; así mismo, optimizar el uso de los recursos públicos invertidos en su desarrollo y conservación.

De igual forma se observa que dentro de la infraestructura vial se encuentran cierta cantidad de elementos que la conforman, uno de los más importantes es el peaje ya que es el encargado de recaudar los diferentes cobros para el mantenimiento de la infraestructura vial; se le denomina peaje, a la tasa o tarifa que otorga el derecho a un automotor de transitar o circular por una vía o carretera determinada, además de los peajes, también se encontró las vías de comunicación. Estas vías soportan mayor circulación de vehículos. Son vías urbanas principales que comunican diferentes distritos de la ciudad y en las cuales convergen las vías secundarias. La diferencia en la denominación entre avenidas y vías es en cierto modo subjetiva y reside a menudo en la voluntad del ayuntamiento de dar más categoría a determinadas vías de circulación.

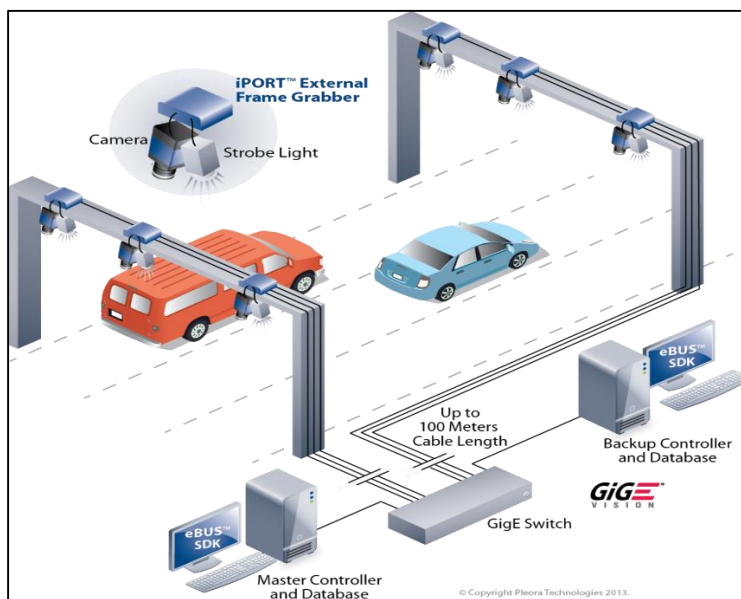
Las vías de comunicación responden a una mayor intervención en la planificación del trazado urbano basado en la combinación de calles, de configuración más recogida con mejor aprovechamiento del espacio, y las avenidas, que desahogan el tráfico del área.³

Se halla que los elementos viales cobran gran importancia cuando usan una vía para generar la movilidad, es allí donde entra un factor de gran importancia como lo es la movilidad vial, ya que de esta depende si se generan o no demoras en las vías de comunicación o accesos a los diferentes sitios, entonces se define la movilidad vial como el conjunto de desplazamientos de personas, objetos y mercancías mediante vehículos de tracción producidos en entornos físicos con ciertas características óptimas para el correcto y adecuado desplazamiento, tales como que se desarrolle entre dos puntos comunicados por una vía. Además dentro de la movilidad se desenvuelve el concepto de tiempo de viaje. Este se define como el tiempo aproximado de viaje de recorrido entre dos puntos mediante un vehículo automotor directamente relacionado con la calidad de la vía.

³ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Desde cuando existe el ministerio de transporte. (En línea). <https://www.mintransporte.gov.co/mintraninos/publicaciones.php?id=267>. (Citado el 6-Sept- 2014)

Durante la investigación se observa que es de vital importancia analizar el tiempo de recorrido y la movilidad⁴, ya que en la zona de estudio en este caso el peaje de Chusaca se presentan problemas en estos dos aspectos, es allí donde se estudia la implementación de la viabilidad de peajes electrónicos con sistema Free Flow.

Figura 1. Modelo funcional Sitema Free Flow



Fuente: Pleora Technologies.

Se define como sistema Free Flow⁵, al sistema electrónico automatizado de cobro de peaje que permite a los usuarios realizar el pago del importe del peaje sin detenerse ni reducir su velocidad. Además de facilitar la movilidad y acortar los tiempos de recorrido el sistema de peaje Free Flow cuenta con unos elementos que son indispensables para su buen funcionamiento.

Primero se debe hablar de una estructura metálica la cual permite el soporte de los dispositivos de monitoreo mediante el cual se realiza su cobro. Este se encuentra conformado por un sistema de vigas y columnas las cuales se anclan al suelo, con el fin de proporcionarle soporte rigidez a la estructura⁶.

⁴ MANUEL DELGADO. Descripción de los peajes Free Flow. [En línea].

<http://manueldelgado.com/descripcion-de-los-peajes-free-flow/>. (Citado el 10-Sept-2014)

⁵ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Sistemas inteligentes de transporte en obras transporte en obras concesionadas en chile. [En línea].

<http://www.mop.cl/CentrodeDocumentacion/Documents/Concesiones/cgc-sit.pdf>. (Citado el 15-Oct-2014)

⁶ UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS. Sistema de gestión de peajes (SGP). [En línea].

<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4a43d8d95da19.pdf>. (Citado el 10-Sep-2014)

Figura 2. Pórtico sistema Free Flow



Fuente: Indra

Otros de los elementos que conforman el sistema son los TAG'S (Etiqueta o televía). El cual es un Transmisor ubicado en el vehículo que contiene información del mismo, utilizado para reconocimiento del vehículo en circunstancias específicas de transacción por cobro de peaje en sistemas de flujo libre en el momento justo que atraviesa la sección de pórtico. El pórtico soporta también diferentes tipos de sensores, el primero es el sensor de reconocimiento VDC el cual se activa inmediatamente el vehículo se acerca a la estructura rígida con el fin de identificar mediante sensores el TAG de cada vehículo y así efectuar la transacción. También del sensor de velocidad TRX el cual reconoce la velocidad con la que el vehículo automotor atraviesa la sección del pórtico con el fin de identificar posibles infracciones a las normas de tránsito que se encuentren en la zona, cuando se genera la infracción de inmediato esta información se transmite a la Back Office de la cual se hablara más adelante.

Figura 3. TAG de identificación Vehicular



Fuente: Skyscraper City

Figura 4. Cámaras de reconocimiento vehicular



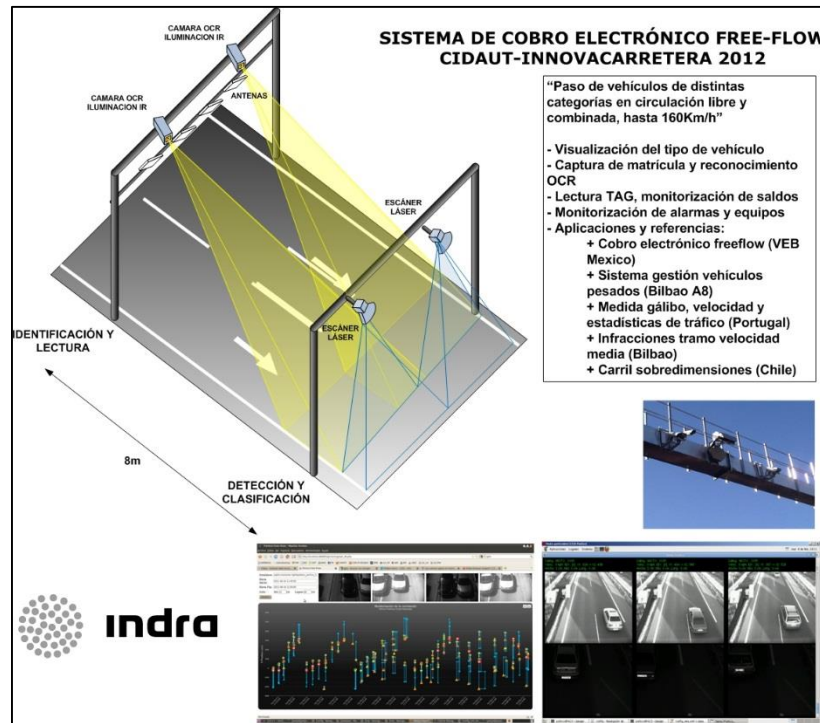
Fuente: Sice

Este sistema Free Flow también cuenta con un Centro de operaciones el cual se llama centro de cobro Back Office. Este tiene como función realizar las tareas destinadas a la gestión informática y bases de datos sin tener contacto directo con el cliente, las labores de la back office son contratadas externamente.

Una vez explicados todos los componentes del sistema Free Flow y cómo funciona este, debe hablar de cómo se realizan las transacciones y cuál es su tarificación para que este funcione de una manera adecuada. Se define la transacción de un peaje como el acuerdo, comunicación o movimiento financiero llevado a cabo entre dos entes económicos que intercambian un activo contra un pasivo implicando un cambio en el estatus en las finanzas de dos o más negocios o individuos. El comprador y el vendedor son entidades u objetos separados. El término anteriormente definido va entrelazado también con la tarificación que se presenta en un peaje. Este término se define como la tasa fija sujeta a modificaciones que se debita al ciudadano a cargo del vehículo, cuando este atraviesa la sección de pórtico, haciendo efectiva la transacción⁷.

⁷ ERMEZ HARD & SOFT. Tarificación. [En línea].
http://www.ermes.com/soprote/documentacion/Todos/AQCT_32/Web/Ermez_Aqct_Web35/Tarificacion_Principal.htm. (Citado el 16-Oct-2014)

Figura 5. Sistema de cobro Free Flow



Fuente: Indra

Por último, y no menos importante se debe hablar del término de la seguridad vial el cual es de vital importancia para la buena operación de una infraestructura vial. El término de seguridad vial se define como el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, a través del conocimiento y cumplimiento de las leyes y reglamentos, bien sea como conductor, peatón o pasajero, para usar correctamente las vías públicas y previniendo los accidentes de tránsito.

Las normas reguladoras de tránsito y la responsabilidad de los usuarios de la vía pública componen el principal punto en la seguridad vial. Sin una organización por parte del estado y sin la moderación de las conductas humanas, particulares o colectivas, no es posible lograr un óptimo resultado.

La seguridad vial y su eficiencia está dada por la participación armónica de los elementos fundamentales del tránsito: los conductores, peatones, vehículos y carreteras; los que en términos generales deben aportar condiciones que se ajusten a su participación en el sistema⁸.

⁸ MARCO LEGAL SISTEMAS DE PEAJES ELECTRÓNICOS, Julio del 2013. Análisis seguridad vial en vías colombianas. (Informe, Publicación, artículo).
<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=11305>.

5.2 MARCO GEOGRÁFICO

La zona de estudio de la presente investigación se encuentra en la vía Bogotá-Girardot la cual cuenta con 132 Kms de longitud⁹, en el tramo de dicha vía se encuentra el peaje Chusaca en el K18+840¹⁰, el cual contempla toda la atención del presente informe investigativo.

El peaje cuenta con un ancho aproximado de 50 metros y una longitud aproximada de 215 metros, en donde se dispone de 10 casetas de cobro que pueden variar su sentido de recolección de dinero, de acuerdo a la demanda presentada en la zona o a la época del año.

Este peaje actualmente se encuentra administrado por la concesión autopista Bogotá – Girardot, quienes prestan los servicios básicos de atenciones de accidentes y de emergencia presentadas dentro de la vía.

A continuación se anexan imágenes del sitio de estudio (Figura 6, 7 y 8).

Figura 6. Zona de estudio Peaje Chusaca



Fuente: Google Earth – Citado (20-Oct-2014)

⁹ DESCRIPCION VIA BOGOTA GIRARDOT. Concesión Autopista Bogotá- Girardot. [En línea]. <http://www.bogotagirardot.com/?funcion=seccion&mod=3> (Citado el 17-Feb-2015).

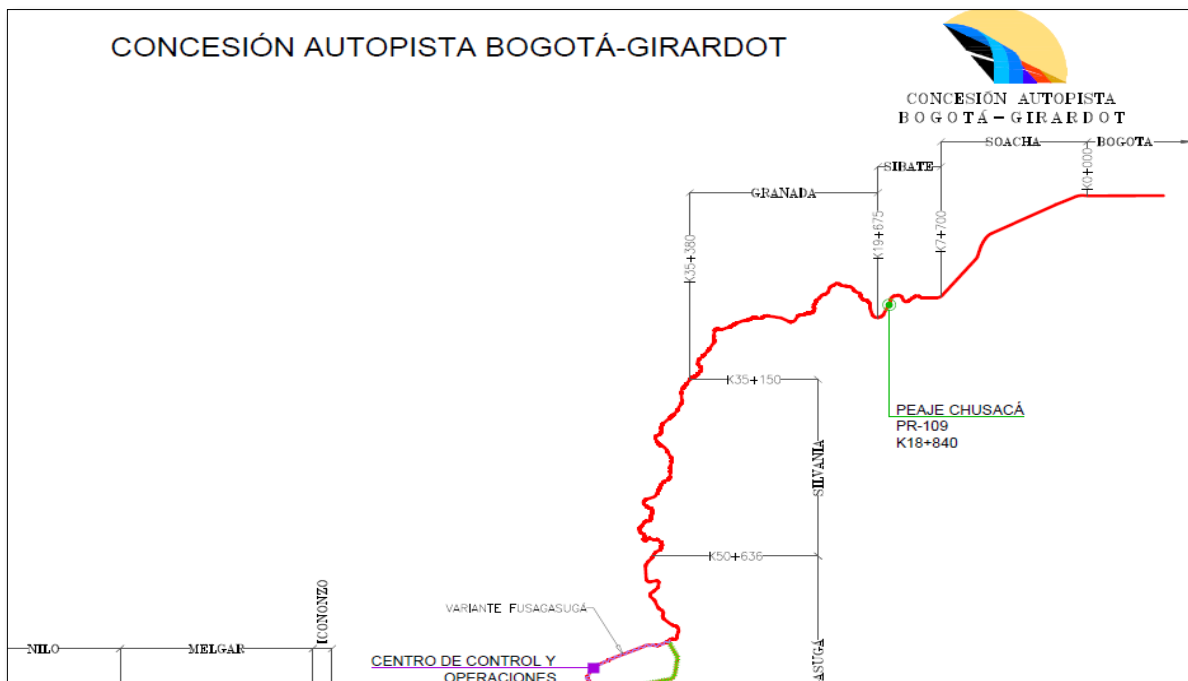
¹⁰ MAPA EJE VIAL BOGOTA- GIRARDOT. Concesión Bogotá- Girardot. PDF.[En línea]. <http://www.bogotagirardot.com/?funcion=seccion&mod=0> (Citado el 17-Feb-2015)

Figura 7. Vista aérea del peaje Chusaca



Fuente: Google Maps – Citado (15-Febrero-2015)

Figura 8. Eje vial de la via Bogota- Girardot



Fuente: Concesion Bogota- Girardot - Citado (20-Feb-2015)

5.3 MARCO LEGAL

CONTRATO PARA LA OPERACIÓN, EXPLOTACIÓN, ORGANIZACIÓN, Y GESTIÓN DEL SERVICIO DE RECAUDO DE LAS TASAS DE PEAJE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS –INVIAS.

El Contrato de Concesión No 250 del 18 de Mayo de 2011, fue suscrito entre el INVIAS y ODINSA PROYECTOS E INVERSIONES S.A.

El contrato de concesión tiene como objeto la operación, explotación, organización, y gestión total del servicio de recaudo de las tasas de peaje en las estaciones de peaje y la operación de las estaciones pesaje, que se encuentran a cargo del INVIAS en el territorio nacional¹¹.

El alcance del contrato, se resume en los siguientes términos:

- La operación de recaudo, en las estaciones de peaje que consiste en el cobro de la tasa que deben pagar los usuarios por la utilización y circulación de automotores en las carreteras nacionales a cargo del INVIAS.
- El control, la custodia, el transporte y la consignación del dinero recaudado, así como, la conciliación entre el tránsito real de vehículos y el monto total recaudado.
- La provisión de herramientas de control y auditoria a través de la adquisición, reposición y/o mantenimiento de equipos de control de tránsito de las Estaciones de Peaje y la respectiva integración en línea y tiempo real al Centro de Control Operativo (CCO) del INVIAS de conformidad, con lo establecido en los apéndices del contrato.

OBLIGACIONES DEL CONCESIONARIO

En la Cláusula 13 del contrato, se establecen las obligaciones a cargo del concesionario, a continuación se mencionan los numerales relevantes al objeto de esta consultoría.

CLÁUSULA 13. OBLIGACIONES GENERALES DEL CONCESIONARIO

El Concesionario será responsable de la ejecución completa y oportuna del Contrato y sus apéndices, así como de la obtención de los resultados perseguidos por el INVIAS.

¹¹ GSD, (julio del 2013). Análisis costo/ beneficio y legal para la implementación de recaudo electrónico vehicular en peajes en Colombia contrato de concesión N° 250 del 18 de mayo de 2011. (Informe, Publicación).<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=11305>.

Principalmente tendrá a su cargo las siguientes obligaciones, además de las contenidas en las normas constitucionales, legales o reglamentarias aplicables:

- Consignar en la(s) cuenta(s) que para tales fines indique el INVIAS, el ochenta punto treinta por ciento (80.30%) de los recursos originados por el recaudo neto de las Tasas de Peaje correspondientes a la cantidades y tipos de vehículo que efectivamente hayan pasado por las Estaciones de Peaje, independientemente de que su pago se haya o no efectuado por el usuario, salvo en el caso de los vehículo exentos del pago.
- Implementar por su cuenta y riesgo las medidas necesarias que sirvan de control para impedir la evasión en el pago de la Tasa de Peaje.

EVASIÓN DE LOS PEAJES

En la Cláusula 26 de Riesgos Previsibles, se estipula que la evasión de los peajes es un riesgo previsible que asume el concesionario, es decir, conformidad con lo establecido en la Ley 1150 de 2007, en el presente contrato se incluyen los riesgos que deberán ser asumidos por las partes, como consecuencia de la adjudicación y celebración del contrato. En virtud, de lo anteriormente expuesto, la distribución de los riesgos previsibles del contrato se efectúa de la siguiente manera¹²:

OBLIGACIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO FRENTE A LA INCLUSIÓN DE PEAJES ELECTRÓNICOS

Soluciones Tecnológicas Contempladas en el Contrato en la Cláusula 11 del contrato de concesión, se establece la implementación e integración de la funcionalidad de identificación vehicular electrónica y de pago en modo de peaje dinámico, lo siguiente:

- **CLÁUSULA 11. COMPROMISO DE ADHERENCIA, IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE IDENTIFICACIÓN VEHICULAR ELECTRÓNICA Y DE PAGO EN MODO DE PEAJE DINÁMICO**¹³.

La integración que realice el Concesionario deberá garantizar, mediante mecanismos de autenticación mutua, la seguridad de las transacciones en lo referente a la no repudiación y no clonación de los dispositivos y sus respectivas transacciones. Deberá asegurar también el envío en línea y tiempo real de la

¹² SECRETARIA GENERAL DE LA ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ /clausula 26 riesgos previsibles/ (Ley 1150 de 2007)/ (en línea)/
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=25678>.

¹³ MARCO LEGAL SISTEMAS DE PEAJES ELECTRÓNICOS, (julio del 2013). Análisis costo/ beneficio y legal para la implementación de recaudo electrónico vehicular en peajes en Colombia. (clausula 11 compromisos de adherencia).
<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=11305>.

información de identificación vehicular electrónica y transacciones efectuadas asociadas al tránsito que realicen los vehículos en las Estaciones de Peajes a cargo del INVIAS, a los servidores del Centro de Control Operativo (CCO) del Instituto para que desde allí sea retransmitida inmediatamente al Centro de Cómputo que determine la autoridad competente.

Para estos efectos, el INVIAS verificará que la entidad que administre la plataforma tecnológica con la cual se implemente el estándar nacional de identificación vehicular electrónica y de pago para peaje dinámico, coloque a disposición del concesionario con ciento ochenta (180) días calendario de anticipación a la fecha que se establezca para el inicio de la identificación vehicular electrónica y la aceptación de pagos de la tasa de peaje con este medio de pago dinámico estándar, las muestras de los dispositivos y antenas de lectoescritura de carril, la respectiva documentación técnica y los demás componentes complementarios necesarios para efecto de pruebas y diseño de la integración de la plataforma tecnológica de identificación vehicular electrónica y medio de pago dinámico que se adopte como estándar a su respectiva solución de control de tráfico y recaudo de la tasa de peaje.

Sin embargo, la cláusula señala que para que lo anteriormente señalado ocurra, las partes deben llegar a un acuerdo en cuanto a las condiciones contractuales en que se hará dicha adhesión, implementación e integración. De no lograr este acuerdo, el INVIAS podrá modificar unilateralmente el contrato de conformidad con lo establecido en el Artículo 16 de la Ley 80 de 1993.

Es importante mencionar, que esta cláusula 11 del contrato, durante el proceso licitatorio de recaudo de peajes fue objeto de algunas observaciones por parte de la Contraloría General de la República y de la Procuraduría General de la Nación.

POSIBILIDAD JURÍDICA DE LA INCLUSIÓN DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA PARA PEAJES ELECTRÓNICOS Y/O ESQUEMA DE MLFF (MULTI-LANE FREE FLOW) EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO 250 DEL 18 DE MAYO DE 2011¹⁴

El análisis de la viabilidad de la inclusión de una nueva tecnología para el recaudo de peajes electrónicos y/o de un esquema de MLFF en el Contrato de Concesión No 250 del 2011 parte del desarrollo de las siguientes premisas consagradas en la cláusula 11:

1. La inclusión de una nueva tecnología para el cobro de peajes en el contrato de concesión del INVIAS, requiere de un acuerdo entre las

¹⁴ GSD, (julio del 2013). Análisis costo/ beneficio y legal para la implementación de recaudo electrónico vehicular en peajes en Colombia contrato de concesión N° 250 del 18 de mayo de 2011. (Informe, Publicación, artículo).
<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=11305>.

partes, que contenga las condiciones contractuales en que se hará dicha adhesión, implementación e integración.

2. De no llegar a un acuerdo, el INVIAS podrá modificar unilateralmente el contrato de Concesión de peajes de conformidad con lo establecido en el Artículo 16 de la Ley 80 de 1993.¹⁵

Es importante tener en cuenta, que la ley 80 de 1993 establece como requisito para la aplicación de la modificación unilateral que se pretenda evitar la paralización o la afectación grave del servicio público y previamente las partes no logran un acuerdo. Adicionalmente, la misma normatividad señala, la posibilidad para el contratista de que si las modificaciones alteran el valor del contrato en veinte por ciento (20%) o más del valor inicial, podrá renunciar a la continuación de su ejecución.

Inclusión de una Nueva Tecnología para Peajes Electrónicos y/o Esquema de MLFF (Multi- Lane Free Flow) en el Contrato de Concesión No 250 del 18 de mayo de 2011

Es importante, mencionar que la Corte Constitucional ha señalado que las adiciones en los contratos de concesión son procedentes jurídicamente, siempre que estén dentro de unos límites objetivos que resume en los siguientes aspectos: (i) que no haya sido posible prever todas las aleas al inicio de la relación contractual o (ii) cuando se hayan previsto alcances progresivos. En los dos casos, se requiere una solución negociada para cumplir con los fines estatales involucrados en el negocio.

Analizados los anteriores aspectos, frente a la posibilidad jurídica de la inclusión de una nueva tecnología para los peajes electrónicos y/o esquema de MLFF en el contrato de concesión 250 de 2011 del INVIAS, se concluye que es posible modificar el contrato de concesión para establecer una nueva tecnología como se estipuló contractualmente en la cláusula 11 del contrato analizado, pero la viabilidad de esta modificación está sujeta a un acuerdo de voluntades entre las partes que garantice el equilibrio económico del contrato y la remuneración propuesta por el contratista en su oferta. Es decir, que dicha modificación sea técnica y financieramente viable¹⁶.

¹⁵ Secretaria general de la Alcaldía mayor de Bogotá/cláusula 26 riesgos previsibles. (Artículo 16 de la ley 80 de 1993). [en línea].

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=25678>.

¹⁶ MARCO LEGAL SISTEMAS DE PEAJES ELECTRÓNICOS, (julio del 2013). Análisis costo/ beneficio y legal para la implementación de recaudo electrónico vehicular en peajes en Colombia. (Informe, Publicación, artículo). <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=11305>.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Según lo realizado en la presente investigación y teniendo en cuenta que esta recopila datos tanto numéricos como datos de observación y análisis se puede deducir que la investigación tiene un enfoque cuantitativo. En la investigación se realizó una modelación, lo que conllevó al análisis para establecer el volumen vehicular que pasa en la zona de estudio, además se tuvo en cuenta el posible impacto social que se podría llegar a generar con la implementación de peajes electrónicos con sistema Free Flow.

6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo de descriptiva, dado que se busca caracterizar el problema de la movilidad en el peaje de Chusaca dentro de un contexto en particular que sería crear un estudio de viabilidad de la implementación de peajes electrónicos con sistema Free Flow como alternativa de solución de movilidad urbana en el peaje Chusaca, y de este modo solventar el problema ya citado.

6.3 HIPÓTESIS

Según las investigaciones realizadas y los datos encontrados durante este trabajo de investigación se plantea la siguiente hipótesis:

Es viable implementar el sistema de peaje Free Flow como alternativa de solución a la problemática de movilidad urbana en el peaje Chusaca, ya que en la zona de estudio sería de vital importancia implementar un sistema donde los usuarios de la vía, simplemente siguieran su camino sin necesidad de detenerse a pagar un peaje, debido a que la vía Bogotá-Girardot es una vía de gran tránsito de todo tipo de vehículos.

6.4 DISEÑO MUESTRAL

- **Población:** Para el estudio de investigación, se define la población como: Conductores, trabajadores del sistema y trabajadores informales del peaje Chusaca de la vía Bogotá-Girardot.

- **Muestra:** En el estudio de investigación se tomaría como muestra el tramo donde se encuentra localizado el peaje Chusaca de la concesión de la vía Bogotá-Girardot donde se concentra toda la atención para el desarrollo del proyecto investigativo.

La muestra de igual manera incluye las personas que transitan por el peaje ya que de manera directa se verían beneficiados con la implementación del peaje.

- **Variables:** Para la presente investigación se tiene en cuenta las siguientes variables:

Independientes:

- Flujo vehicular: Esta variable se categoriza independiente, ya que diariamente se desconoce el número de flujo vehicular que pasa por la zona y cruza el peaje Chusaca.

Dependientes:

- Tarificación: Esta variable se pone dentro las dependientes ya que el consorcio de la vía Bogotá-Girardot tiene estipulada por norma la tarificación que debe cobrar a todo tipo de automotor que cruce el peaje Chusaca.
- Trabajadores directos: Se incluye esta variable ya que los trabajadores directos del consorcio cuentan con un horario de trabajo fijo según la normatividad Colombiana, además de que también cuentan con un sueldo fijo estipulado por el consorcio del peaje Chusaca.
- **Muestreo:** El tema de investigación presenta un muestreo por conveniencia, ya que es una técnica de muestreo no probabilístico donde los sujetos son seleccionados, dada la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

6.5 FASES DE INVESTIGACIÓN

Fase 1. Recolectar datos mediante estudios económicos, administrativos y técnicos que contribuyan a determinar la viabilidad de la implementación de peajes electrónicos con sistema Free Flow en el peaje Chusaca.

- Recopilar información técnica como ubicación, longitud de la zona de estudio, tipo de concesión, tipos de vehículos autorizados para transitar en el peaje, tipo de tarificación y recaudo, información suministrada por la Concesión Bogotá- Girardot, INVIAS (Instituto Nacional de Vías) y ANI (Agencia Nacional de Infraestructura).
- Recopilar información en la concesión Bogotá- Girardot sobre el número de trabajadores que se encuentran en el sistema de peaje actual.
- Recopilación de información y explicación sobre vehículos exentos de pago en el peaje.
- Realizar un registro fotográfico y una filmación de la zona de estudio y el proceso realizado.
- Comparación de costos del sistema estándar (Peaje Chusaca) y el sistema Free Flow.

Fase 2. Determinación de la magnitud del volumen vehicular que atraviesa la sección transversal del peaje y el impacto a la movilidad que genera el sistema de cobro actual.

- Realizar aforos en el peaje Chusaca por medio de formatos utilizados por la Universidad la Gran Colombia.
 - Formato de estudio de volúmenes vehiculares (Anexo 1).
 - Formato de tiempo de atención de taquilla (Anexo 12).
 - Formato de tiempo de llegada al peaje (Anexo 14).
 - Formato de tiempo total en el sistema de peaje (Anexo 17).
 - Formato de medición de cola vehicular (Anexo 19).
- Realizar 2 visitas de campo donde se va a realizar el reconocimiento de la zona, registro fotográfico y los aforos correspondientes al flujo vehicular que transita por el peaje en un periodo de 5 horas, por sentido, y aforos correspondientes al punto anteriormente mencionado.

Fase 3. Representación sistemática del comportamiento del peaje actual comparándolo con el sistema Free Flow.

- Realizar una representación sistemática de los datos obtenidos sobre el comportamiento vehicular en el peaje Chusaca, modelación que será realizada en el Software PTV Vissim 7 y SketchUp 2015.

Fase 4. Análisis de resultados.

- Analizar el comportamiento del flujo vehicular en el peaje Chusaca obtenido en la toma de datos y modelación de comparación entre sistema existente y el sistema a implementar Free Flow.
- Cuadro de comparación peaje actual vs peaje Free Flow.

6.6 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Básicamente las técnicas e instrumentos utilizados durante la investigación serían los siguientes:

- La entrevista Informal: Se usó esta herramienta investigativa para determinar la cantidad de personas que trabajan en el peaje y de este modo poder establecer qué grado de afectación se puede llegar a presentar con la implementación sistema Free Flow. La entrevista se realizó al Ing. Camilo Sánchez, coordinador peaje Chusaca donde se estableció comunicación verbal.
- La observación: Por medio de esta se pueden recolectar datos, y de esta forma establecer los problemas que se puedan llegar presentar en la zona de estudio en este caso el peaje de Chusaca.
- Aforos: Mediante estos se medirá la cantidad de vehículos que transitan por el sector, con el fin de establecer el comportamiento vehicular y una modelación de lo que sería el sistema a implementar.
- Los formatos para realizar el estudio: Formato de volúmenes vehiculares, tiempos de llegada, tiempo de atención, tiempo total en el sistema y cola vehicular. (Formatos manejados por la Universidad la Gran Colombia).
- Representación sistemática mediante Software: Se utilizara esta herramienta (Software PTV Vissim 7 y SketchUp 2015) para realizar la comparación del comportamiento vehicular del peaje actual con el sistema a implementar (Free Flow), para así determinar la viabilidad de implementación y mejoramiento de movilidad en el peaje Chusaca.

7 RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 RECOLECCION DE INFORMACIÓN

La diferente información obtenida del peaje Chusaca, fue suministrada por la concesión Bogotá- Girardot, la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura), el INVIAS (Instituto Nacional de Vías), visitas de campo y diferentes fuentes oficiales en páginas web.

7.1.1 TRABAJADORES DEL PEAJE CHUSACA

La concesión Bogotá – Girardot cuenta con 46 trabajadores en el peaje Chusaca, los cuales tienen el siguiente orden¹⁷:

Tabla 1. Trabajadores del peaje Chusaca.

Cargo	Número de trabajadores	Turnos	Horas de trabajo
Administrador	2	1	8 horas
Coordinadores	3	1	8 horas
Secretarias	2	1	8 horas
Mantenimiento	1	1	12 horas
Taquillas	30	3	8 horas
Seguridad	6	2	12 horas
Aseo	2	1	8 horas

Por tal razón se debe tener en cuenta a dichos trabajadores al momento de implementar el sistema Free Flow para una posible reubicación, la cual constaría de cursos o capacitaciones al personal, para manejo del software que tiene el sistema Free Flow, eso aplicaría para las trabajadoras de taquilla, ya que son las principalmente perjudicadas con el sistema a implementar.

Por otra parte, no se realizará el proceso de reubicación a los trabajadores que tiene el siguiente cargo; administrador, coordinador, secretarias, mantenimiento, seguridad y aseo, ya que la base de control se encontraría en el mismo lugar.

¹⁷ TRABAJADORES PEAJE CHUSACA, Fuente: Ing. Camilo Sánchez, Coordinador peaje Chusaca, Viernes 13 de Febrero del 2015, Visita de campo (Reconociendo de la zona).

7.2 IMPACTOS ECONOMICOS

7.2.1 IMPACTO ECONOMICO DE LA COCESION

Tabla 2. Beneficios económicos.

BENEFICIO	BENEFICIARIO
Reducción en costos operativos en el peaje	Concesionario
Reducción en emisiones	Sociedad
Reducción en consumo de combustible	Usuario / Empresas de transporte
Reducción de congestión en los peajes (mejoras en tiempos de recorrido)	Usuario/ Empresas de transporte
Disminución en hurtos	Usuario/ Empresas de transporte
Disminución en costos por manejo de efectivo	Empresas de Transporte
Imagen de modernidad del país	Sociedad

7.2.2 REDUCCIÓN DE COSTOS

Dentro de la implementación de los peajes electrónicos, uno de sus principales impactos económicos es la reducción considerable de los costos operativos, dentro de cuales se tienen:

- Los seguros que ofrecen las compañías de transporte de valores, los cuales se encuentran directamente asociados al valor recogido.
- Bajan los costos de conteo de efectivo, los cuales también se encuentran directamente asociados con el valor a contar
- Quizás uno de los factores que más se considera en los peajes electrónicos es la eliminación de casetas manuales, lo cual conlleva a una disminución de costos económicos asociados con el personal.

Los dos primeros puntos de reducción de costos ofrecen un ahorro económico para las concesiones alrededor del 30% de los costos totales del recaudo manual. De esta manera se puede decir que para la mayoría de los peajes manuales en el país se estaría ahorrando un 3.5% con la implantación de peajes electrónicos.

Dentro de los impactos económicos también se debe considerar la problemática de inseguridad que viven los peajes con casetas manuales o peajes convencionales, ya que con la implementación de peajes electrónicos con sistema free Flow se elimina el manejo de efectivo por parte de particulares, empresas de carga y

transporte, es decir, que al no llevar efectivo tanto usuarios como el personal que trabaja en el peaje se hace menos vulnerable a robos en la vía.

Por otra parte, las empresas transportadoras ya no tienen que darles efectivo a sus conductores para que paguen los peajes; ya que este proceso se puede manejar desde el back-office o centro de control del peaje electrónico de la empresa, lo cual da como beneficio a la empresa transportadora la reducción de los costos operativos por el manejo de efectivo.

7.2.3 IMPACTO ECONÓMICO DEL PERSONAL

Para soportar la operación se requiere personal tanto en campo, como en el centro de control y las oficinas. A continuación se detallan los cargos requeridos (estos se basan en conversaciones con los concesionarios y en la experiencia del consultor):

Tabla 3. Cargos operarios de la concesión

Cargo	Cargo
Director CCO	Mantenimiento
Secretaria/recepcionista	Especialista IT
Administrativo	
Operativo	
Director comercial y de aten. al cliente	
Soporte comercial y de aten. al cliente	

Los cargos de operario, soporte comercial, mantenimiento y especialista IT dependerán de la cantidad de peajes que se manejen desde la concesión. El modelo considera:

- Una persona de mantenimiento por cada 2 peajes
- Un especialista de IT por cada 4 peajes
- Un operario de centro de control por cada 2 peajes
- Una persona de soporte comercial por cada 4 peajes.

Para calcular los costos asociados al personal, se utilizaron salarios integrales estándares en Colombia.

Lo cual daría como resultado que las personas que operan el peaje de manera manual no perderían sus trabajos, ya que serían capacitados para tomar estos

cargos y de esta manera operar junto con el peaje electrónico, ya que de igual manera el peaje necesita supervisión técnica desde oficinas y en campo.

Otro punto a favor es que las personas que trabajan en la parte administrativa del peaje no tendrán que ir a otro sitio diferente de este ya que se puede utilizar el edificio administrativo que se encuentra a poco metro del peaje y de este modo supervisar las labores tanto del personal como la evolución del sistema.

7.2.4 IMPACTO ECONÓMICO DEL USUARIO

Dentro de los impactos económicos asociados con el usuario se tiene:

- Reducción en cuanto a tiempo, lo cual implica mayor productividad
- Reducción en consumos de combustible
- Reducción en congestiones, lo cual implica ahorro en tiempo
- Menores costos en cuanto al pago de peajes.
- Mejoras en cuanto a seguridad se evitarían menos hurtos, ya que el usuario no tendría que parar para registrar el pago.

7.2.5 IMPACTOS ECONÓMICOS A FUTURO

Dentro de los impactos económicos a futuro se pueden contemplar los ítems ya mencionados, como se evidenció anteriormente vemos que al reducirse los costos operacionales, el consorcio tiende a recibir más ganancias como se mencionó pueden alcanzar casi el 30% comparado con el de un peaje convencional. También cabe mencionar que para implementar estos peajes las concesiones pueden presentar sobre costos de casi un 15% en proceso de implementación¹⁸, ya que durante este proceso las concesiones tienen que asimilar el cambio tecnológico e ir reemplazando las casetas de pago manual por los sistemas electrónicos.

Dentro del proceso de implementación los usuarios también pueden presentar sobre costos para acceso al sistema, solo que estos serían menores alrededor de 20.000 pesos, estos sobre costos se darían mediante la implementación de los sistemas de lectura que van dentro de los vehículos, los cuales no tendrían un costo tan significativo como lo tiene los consorcios.

Por otro lado según los impactos económicos se reduciría notablemente el riesgo de contaminación y los gastos de combustibles por los cuales tienen que pasar tanto usuarios como las empresas de transporte de esta manera queda evidenciado que

¹⁸ GSD EXPERTOS EN TRANSPORTE, Henar. Uní, Autónoma de Madrid. "COSOT BENEFICIO Y LEGAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RECAUDO DE PEAJES ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA". [en línea]. Junio 2013. Disponible en la web: <file:///C:/Users/CARDONA/Downloads/REV%20Informe%202%20Vfinal.pdf>

no solo se presenta una reducción del impacto económico futuro, sino que también se presentaría una reducción medioambiental en un futuro.

Quizás otro aspecto de gran relevancia sería el tema de seguridad, ya que al no manejarse dineros dentro del sistema los hurtos se reducirían, dando como resultado la poca afectación del aspecto económico en cuanto a seguridad económica, tanto del consorcio como de las empresas estatales encargadas de controlar las concesiones.

También cabe resaltar que cuando los usuarios no pierden tiempo en trancones, en filas de espera para ser atendidos, estos experimentan ahorros en sus tiempos de viaje, lo cual da como resultando un gran aumento en la productividad de las personas, también se vería beneficiado el aspecto del ocio, ya que la mayoría de personas que viajan o atraviesan el peaje de Chusaca lo hacen para descanso, ya que en esta vía se encuentran destinos turísticos que implican descanso para las personas.

Por otra parte si analizamos el aumento de la productividad como principal impacto económico a futuro vemos que no solo se beneficia la persona, sino que también se beneficia el país, ya que al aumentarse la productividad económica, también hay un aumento en el producto interno bruto del país (PIB), según los estudios este incremento puede rondar casi en un 1.56%¹⁹, cual traería grandes beneficios económicos para el país.

Dentro de los aspectos económicos a futuro también cabe resaltar ¿Qué pasaría con los empleados del peaje? Dentro de los impactos económicos se analiza que ningún trabajador quedaría desempleado, ya que estos serían capacitados para realizar operaciones dentro del peaje, ya sea en campo o dentro del área administrativa del peaje.

Se puede decir que una vez se miden los impactos económicos presentes y futuros, tanto concesionarios, empleados, usuarios, y la parte estatal se verían muy beneficiados, ya que este tipo de peajes electrónicos con sistema Free Flow aporta grandes beneficios, no solo en el área económica, sino también en aspectos de seguridad, medio ambiente, tiempos, etc. Los cuales son de vital importancia para realizar estudios de viabilidad en tecnologías que podrían ser implementadas dentro de un país en estado de desarrollo, además de que este tipo de sistemas también da una cara de modernismo a la sociedad.

¹⁹ MINISTERIO DE HACIENDA, Min. De hacienda. “Impacto económico de la infraestructura 4G en Colombia”. [en línea]. Noviembre 2013. Disponible en la web: http://www.minhacienda.gov.co/portal/pls/portal/!PORTAL.wwwpob_page.show? docname=16018617.PDF

7.2.6 DESCRIPCION TECNICA DEL PEAJE

La descripción técnica del peaje Chusaca²⁰, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Descripción técnica del peaje Chusaca

	DESCRIPCION
UBICACIÓN	El peaje de Chusaca se encuentra en la vía Bogotá- Girardot en la abscisa K18+840 .
LONGITUD	El peaje Chusaca cuenta con una longitud total medida de resalto a resalto es de 124 metros y un ancho de 60 metros.
TIPO DE CONCESIÓN	La concesión que actualmente opera en el peaje de Chusaca, es la concesión Autopista Bogotá-Girardot, la cual consiste en una concesión con una operación 2G, esta cuenta con un tramo total de 132km de operación donde 110km se reparten en Cundinamarca y 22 en el Tolima.
RECAUDO	El recaudo del peaje Chusaca se realiza de manera monetaria, es decir, este se realiza mediante pago en efectivo, el cual permite el ingreso del usuario a Bogotá, o el ingreso a la vía que lo comunicara con interior del país.
VEHÍCULOS AUTORIZADOS	Vehículos autorizados: • Automóviles • Autobuses • Camiones (C2, C3, C4, C5, C6) • Motocicletas • Bicicletas • Ambulancias • Vehículos militares
TARIFAS	Tarifas autorizadas por supertransporte (2015): • Automóviles • Autobuses= \$8.600 • Buses= \$9.700 • Camiones C2= \$9.700 • Camiones C3= \$20.500 • Camiones C4= \$20.500 • Camiones C5= \$33.400 • Camiones C6= \$38.200 • Eje adicional= \$5.300- 8000 • Remolque= \$7.700

²⁰ DESCRIPCION TECNICA VIA BOGOTA- GIRARDOT. Concesión Autopista Bogotá- Girardot. [En línea]. <http://www.bogotagirardot.com/?funcion=seccion&mod=3> (Citado el 28- Mar-15)

7.2.7 VEHICULOS EXENTOS DE PAGO DEL PEAJE

En el contrato acordado por la concesión Bogotá- Girardot y el Invias indica que los vehículos exentos no deben realizar en efectivo el pago del peaje y que debe tener los criterios que se mencionan a continuación:

De acuerdo a las leyes colombianas, el 25 de julio de 2003 se modifica la Ley 787 de 2002, en donde el ministerio de transporte, en ejercicios de sus facultades legales, resuelve lo siguiente:

“Deberá cobrarse a todos los usuarios, con excepción de las motocicletas y bicicletas, máquinas extintoras de incendios de los Cuerpos de Bomberos Voluntarios, Cuerpo de Bomberos Oficiales, ambulancias pertenecientes a la Cruz Roja, Defensa Civil, Hospitales Oficiales, Vehículos de las Fuerzas Militares y de la Policía Nacional, vehículos oficiales del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario, INPEC, vehículos oficiales del (DAS) Departamento Administrativo de Seguridad y las demás instituciones que prestan funciones de Policía Judicial;”²¹

Los vehículos exentos del pago de peaje, deben poseer con carácter obligatorio en el panorámico del vehículo, la tarjeta de identificación electrónica, TIE, las cuales deben tener características especiales.

Debido a esto, en el artículo 2 se especifica que las TIE, serán un dispositivo de identificación electrónico personalizado, el cual poseerá la información necesaria de identificación del vehículo y la entidad a la cual se le está prestando el servicio, de igual manera en sus párrafos del 1 al 3 de la presente ley, se menciona que el Instituto Nacional de Vías, INVIAS, tendrá la responsabilidad de responsabilidad de instalar los respectivos TIE a los vehículos que las entidades registren, a los cuales se les realizara la exención del pago, por lo cual, cada entidad o institución deberá asumir el costo de la adquisición de las TIE.

Por lo anterior, el artículo 3 de la presente ley, se menciona que a partir del 2003, todas las estaciones de peaje, deberán contar con dispositivos de lectura de las TIE, con el fin de permitir realizar el registro adecuado y su correspondiente almacenamiento de los vehículos exentos que realizan su paso por ellas.

²¹ ARTICULO 21. Tasas, tarifas y peajes en la infraestructura de transporte a cargo de la nación. [en línea]. <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2006/C-508-06.htm>

7.2.8 REGISTRO FOTOGRÁFICO Y FILMACIÓN

Registro fotográfico realizado el día viernes 13 de Febrero del 2015, en el cual se logró realizar el reconocimiento de la zona, manejo del peaje y cantidad de trabajadores a los cuales puede afectar el sistema Free Flow (Figura 4-9).

Como se muestra en las Figuras 9 y Figuras 10, el peaje Chusaca cuenta con 10 casetas de cobro, las cuales funcionan durante las 24 horas del día, si se tiene un volumen vehicular bajo solo se habilitan las casetas de los extremos y a medida que aumente dicho volumen vehicular se habilitan simultáneamente hacia el centro.

Figura 9. Peaje Chusaca



Fuente: Propia

Figura 10. Casetas de cobro



Fuente: Propia

En las Figura 11, se evidencia los trabajadores informales que aprovechan la reducción de velocidad para ofrecer sus diferentes productos, esto implica demoras en el sistema.

Figura 11. Vendedores informales



Fuente: Propia

Figura 12. Entrada y salida de vehículos en el peaje



Fuente: Propia

Figura 13. Cola formada por autos



Fuente: Propia

Por otra parte, el registro de filmación se realizó el día viernes 20 de Febrero del 2015, el cual tiene una duración de 5 horas, donde por medio de este se realizó los correspondientes análisis y aforos del comportamiento del peaje actual, y así poder modelar y definir la viabilidad de implementación del sistema Free Flow.

7.2.9 COMPARACION DE COSTOS

El peaje Chusaca actualmente cuenta con un sistema de pago manual, es decir, el usuario debe detenerse para poder registrar el pago y tener acceso a la vía, este pago va caracterizado según el tipo de vehículo que esté haciendo uso del servicio.

Además, el sistema presenta una modalidad de pago que debe hacerse en efectivo, es decir, que el usuario debe tener listo el dinero para pagar. En cuanto a este sistema de cobro o tipo de pago, se ve evidenciada una gran problemática en cuanto a la movilidad, ya que el usuario debe reducir la velocidad al punto de parar para registrar el pago, dando como resultado pérdida de tiempo no solo para el usuario que está pagando sino también generando un tiempo de esperar para los conductores que están detrás de este.

En contraste, el peaje electrónico con sistema Free Flow realiza todo lo contrario, en cuestión del pago este puede hacerse de manera anticipada del viaje o después de este, lo cual indica que el tránsito del usuario no se vería afectado de ninguna manera, ya que este no tendría la necesidad de detenerse en ningún momento, otro factor importante es que el usuario ahorraría tiempo en el viaje. Básicamente el sistema Free Flow se enfoca en mejorar los tiempos de recorrido en cada viaje,

además de ayudar notablemente con la movilidad del sector donde se encuentre este sistema.

Por otra parte, este sistema también ofrece otras modalidades de pago como lo son el TAG, oficinas principales de recaudo, pagos con tarjetas de crédito y débito, Website, que permiten al usuario suministrar información sobre el tipo y costo del peaje, otro tipo de servicio que permite el Website, es la consulta de deuda con el sistema, es decir, si el usuario no ha realizado el pago total del peaje.

Tabla 5. Costos de implementación Free Flow

IMPLEMENTACION DE PEAJE CONVENCIONAL DE 6 CASETAS	
ITEM DE PAGO	VALOR TOTAL
PRELIMINARES, AMPLIACION DE BANCA Y OBRAS EXTERIORES	\$ 618.184.824,00
CIMENTACIÓN	\$ 59.030.141,00
ESTRUCTURAS METÁLICAS Y EN CONCRETO	\$ 56.662.778,00
MAMPOSTERIA Y DRY WALL	\$ 35.588.538,00
DESAGUES E INSTALACIONES SANITARIAS	\$ 34.363.445,00
INSTALACIONES ELECTRICAS	\$ 56.951.603,00
CUBIERTAS	\$ 124.096.496,00
PINTURA	\$ 27.785.859,00
PISOS DE ACABADOS	\$ 15.989.898,00
VIDRIOS Y ESPEJOS	\$ 17.334.256,00
APARATOS SANITARIOS	\$ 1.870.998,00
CARPINTERIA METALICA	\$ 8.020.338,00
CERRAJERIA	\$ 674.880,00
OBRAS EXTERIORES	\$ 93.378.547,00
OBRAS PARA EQUIPOS DE CONTROL DE TRANSITO	\$ 53.199.127,00
TOTAL	\$ 1.203.131.728,00

La tabla 5, es el resultado de la implementación de un peaje de 6 casetas construido en el Carmen de Bolívar, por lo cual se tomó como referencia este valor, con el fin de obtener una visión más amplia del costo de implementación de los peajes convencionales implementados hasta ahora en el país. Cabe aclarar que el costo de implementación puede variar de acuerdo con la complejidad del peaje.

Tabla 6. Costos de implementación de peaje convencional de 6 Casetas.

IMPLEMENTACION DE PEAJE FREE FLOW DE 6 CASETAS	
ITEM DE PAGO	VALOR TOTAL
PRELIMINARES, DEMOLICION DE EDIFICACIONES	\$ 21.532.159,00
CIMENTACIÓN	\$ 18.000.000,00
ESTRUCTURA METÁLICA	\$ 20.000.000,00
INSTALACIONES ELECTRICAS	\$ 8.000.000,00
SISTEMAS DE IDENTIFICACION	\$ 25.000.000,00
SISTEMAS DE REGISTRO	\$ 12.300.000,00
SISTEMAS DE PROCESAMIENTO	\$ 25.000.000,00
OBRAS PARA EQUIPOS DE CONTROL DE TRANSITO	\$ 43.200.000,00
TOTAL	\$ 173.032.159,00

Por otra parte, mediante la tabla 6, se pretendió obtener un valor global del costos de implementación de los peajes Free Flow para el país, por lo cual se ven reflejados en esta tabla, un valor de TAG que serían la compra mínima que se debería adquirir para iniciar la implementación del sistema, de igual manera, debemos aclarar que el costo de los TAG será asumido por los usuarios y no por la concesión del peaje.

Una vez analizados los costos totales de implementación de los dos sistemas, podemos observar que la implementación de peajes convencionales que actualmente se tienen en el país, tiene costos elevados y que pueden variar con la complejidad de acceso al sitio, la topografía, la cantidad de caseta y demás factores que aumentan dicho valor. Mientras que los peajes Free Flow, poseen valores de implantación bajos, se debe resaltar que también se puede ver afectado este valor por las mismas variables que aumentan el valor de los peajes convencionales, sin llegar nunca a superar los valores de implementación de los peajes convencionales.

7.2.10 Costos del usuario

A continuación, se presentan los costos generados por los problemas de congestión en el peaje Chusaca causado al usuario, de acuerdo a los TPD mensuales, entregados por la ANI para el año 2014.

Tabla 7. TPD del año 2014- ANI

GRUPO INTERNO DE TRABAJO DE PLANEACIÓN RESUMEN ANUAL DE TRÁFICO VEHICULAR POR CONCESIÓN AÑO 2014						
ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Chusaca	732.680	473.789	556.422	631.885	543.574	691.178
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
634.260	660.165	561.812	680.811	664.590	809.026	7.640.192

MEDIANA (VEH*MES)	647.213
VALOR DEL MINUTO POR PERSONA	75
TIEMPO DE ESPERA (min)	0,7

- $\text{Costo por espera en el peaje} = Vm * Te$

Dónde:

- Vm = Valor del minuto por persona
- Te = Tiempo de espera

$$\text{Costo por espera en el peaje} = 75 * 0.7 = 52.5 \text{ pesos * minuto}$$

- $\text{Costo mensual por espera} = CEP * M$

Dónde:

- CEP = costo por espera en el peaje
- M = mediana

$$\text{Costo mensual por espera} = 647,213 * 52.5 = 32,978,682.5 \text{ veh * mes * pesos * minuto}$$

- $\text{Costo anual por espera} = \text{Total} * CEP$

$$\text{Costo anual por espera} = 7,604,192 * 52.5 = 399,220,080 \text{ veh * mes * pesos * minuto}$$

Tabla 8. Resumen Costo del usuario

Costo	Total
Costo por espera en el peaje	52.5 <i>pesos * minuto</i>
Costo por espera mensual en el peaje	32,978,682.5 <i>veh * mes * pesos</i> <i>* minuto</i>
Costo por espera anual en el peaje	399,220,080 <i>veh * mes * pesos</i> <i>* minuto</i>

Los costos anteriormente mencionados, nos permiten obtener un panorama del costo y el valor que los usuarios dejan de ganar por las demoras producidas en la estación de peaje convencional, por lo cual, estos costos sumados con los costos de implementación de los sistemas convencionales, permite dar a conocer la viabilidad de ambos sistemas, dando como resultado que el peaje con sistema free Flow es la manera más económica en cuanto a costo de implementación, administración y mantenimiento. Mientras que el peaje convencional presenta mayores costos no solo en su etapa de construcción sino también en su etapa de mantenimiento y uso.

En cuanto a la viabilidad de implementación desde el punto vista del usuario vemos que el ahorro en tiempo es casi un 100 % ya que este en ningún momento de su recorrido tendrá que detenerse y es tiempo que más adelante puede utilizar para desarrollar sus actividades. En cuanto al peaje convencional se observa que genera demoras, las cuales generan costos, en este caso, el costo mensual calculado es de 32,978,682.5 veh*mes*pesos*minuto. Lo cual en otras palabras no solo le representa pérdidas monetarias al usuario del sistema, sino que también le representa pérdidas a la concesión.

De acuerdo a lo anterior, se puede analizar que los peajes de tipo Free Flow, son viables de implementación, desde el punto de vista económico y de administración, ya que su facilidad de administración y sus tiempos de construcción son más bajos que el de los sistemas convencionales, de igual manera se tienen mejoras en las velocidad de tránsito, debido a que se aumentarían y por ende los tiempos de viaje serían menores.

Además desde el punto de vista del usuario ahorraría no solo en costos, sino que su tiempo se vería muy beneficiado, ya que para el usuario lo más importante es llegar de una manera rápida y segura a su sitio de destino, ya que la mayoría de las veces los viajes que se generan en la zona de estudio son para negocios, recreación y tiempos compartidos con familiares y allegados.

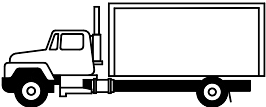
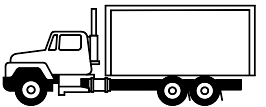
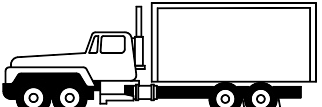
7.3 DETERMINACIÓN DE VOLUMEN VEHICULAR E IMPACTO DE MOVILIDAD

El volumen vehicular y el impacto de movilidad se determinaron por medio de diferentes formatos los cuales fueron diligenciados mediante la visita de campo realizada el día 20 de febrero del 2015, los cuales se encuentran en el anexo 1, anexo 12, anexo 14, anexo 17 y anexo 19.

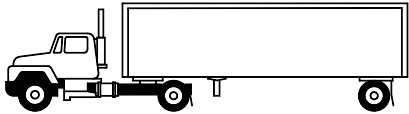
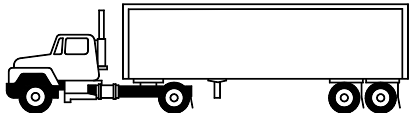
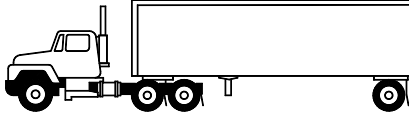
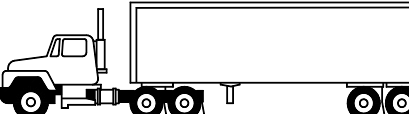
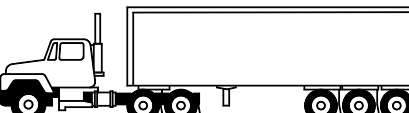
Por otra parte en el estudio de volumen vehicular se clasifico por tipo de vehículo²², el cual tiene una clasificación de la siguiente manera:

- Autos: Corresponden a todos los vehículos livianos (de cuatro ruedas).
- Buses: Incluyen los buses y busetas.
- Camiones: Corresponden a todos los vehículos de carga de más de cuatro ruedas. Se han clasificado de acuerdo con el número de ejes así:
 - Camión C2: Camión de dos (2) ejes.
 - Camión C3: Camión de dos (3) ejes.
 - Camión C4: Camión de dos (4) ejes.
 - Camión C5: Camión de dos (5) ejes.
 - Camión >C5: Camión de dos (5) ejes.

Tabla 9. Clasificación de vehículos

CONFIGURACIÓN	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
C2		Camión rígido de dos ejes.
C3		Camión rígido de tres ejes.
C4		Camión rígido de cuatro ejes.

²² TIPO DE VEHICULO. Ministerio de transporte. Instituto Nacional de Vías, 1988.

C3=C2S1		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de un eje.
C4=C2S2		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de dos ejes.
C4=C3S1		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de un eje.
C5=C3S2		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de dos ejes.
C6=C3S3		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de tres ejes.
C4=C2 R2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes.
C5=C3 R2		Camión de tres ejes, dobletrouque, con remolque de tres ejes.

Fuente: Ministerio de transporte, 1988.

Se realizaron los aforos correspondientes a los dos movimientos que tiene el peaje Chusaca, como son la salida y entrada de la ciudad de Bogotá, estos formatos se encuentran en los Anexos 1 al 11, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Por medio del aforo realizado el viernes 20 de febrero del 2015 en el peaje Chusaca, en el movimiento realizado Bogotá- Girardot en el transcurso de 5 horas (8:00- 13:00) se registran los datos en la tabla 4, donde se puede deducir que:

- El mayor flujo de vehículos que se obtuvo fue en el periodo de 12:00-13:00 el cual presenta un total de 625 vehículos , con un FHP (Factor de hora pico) de 0,704 donde nos indica el grado de uniformidad que tiene el tránsito en dicha hora.
- El menor flujo de vehículos que se obtuvo fue en el periodo de 8:15- 9:15 el cual presenta un total de 338 vehículos , con un FHP (Factor de hora pico) de 0,854 donde nos indica el grado de uniformidad que tiene el tránsito en dicha hora, donde es mayor que el FHP del periodo 12:00- 13:00.
- Según los datos analizados, se observa que durante este periodo de tiempo los usuarios más constantes de la vía son los automóviles, en segundo lugar se observó que los camiones C2 son los segundos usuarios más constantes en la vía, seguido por los buses, por último las categorías de los camiones C4, C5, y >C5.
- En el periodo de estudio (5 horas) el flujo vehicular que circuló por la zona Bogotá-Girardot es de 2310 entre todas las categorías de vehículos ya mencionados
- En el análisis de volúmenes vehiculares, la variación horaria que tuvo mayor porcentaje vehicular fue la de 12:00-13:00, con un total del 27% de vehículos, por otra parte la que tuvo la menor variación horaria fue en el periodo de 08:00-09:00 con un total de 15% de vehículos que circularon por la zona de estudio.

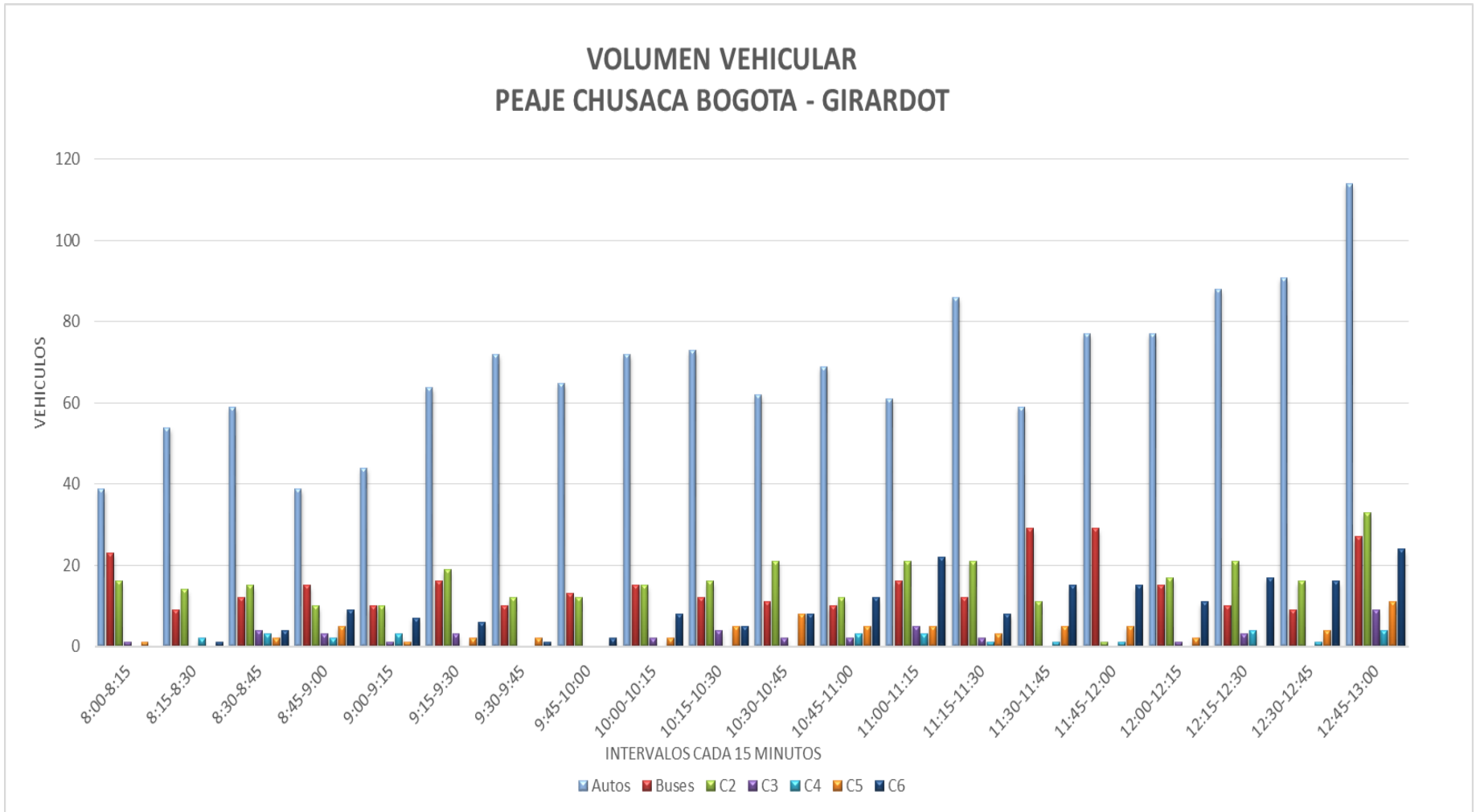
7.3.1 VOLUMENES VEHICULARES

Tabla 10. Volumen vehicular Bogotá – Girardot

Hora de Inicio	Auto	Buses	Camion					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
8:00-8:15	39	23	16	1	0	1	0	80		
8:15-8:30	54	9	14	0	2	0	1	80		
8:30-8:45	59	12	15	4	3	2	4	99		
8:45-9:00	39	15	10	3	2	5	9	83	342	15%
9:00-9:15	44	10	10	1	3	1	7	76	338	
9:15-9:30	64	16	19	3	0	2	6	110	368	
9:30-9:45	72	10	12	0	0	2	1	97	366	
9:45-10:00	65	13	12	0	0	0	2	92	375	16%
10:00-10:15	72	15	15	2	0	2	8	114	413	
10:15-10:30	73	12	16	4	0	5	5	115	418	
10:30-10:45	62	11	21	2	0	8	8	112	433	
10:45-11:00	69	10	12	2	3	5	12	113	454	20%
11:00-11:15	61	16	21	5	3	5	22	133	473	
11:15-11:30	86	12	21	2	1	3	8	133	491	
11:30-11:45	59	29	11	0	1	5	15	120	499	
11:45-12:00	77	29	1	0	1	5	15	128	514	22%
12:00-12:15	77	15	17	1	0	2	11	123	504	
12:15-12:30	88	10	21	3	4	0	17	143	514	
12:30-12:45	91	9	16	0	1	4	16	137	531	
12:45-13:00	114	27	33	9	4	11	24	222	625	27%
Volumen 5 h composicion	1365	303	313	42	28	68	191	2310	2310	100%
	59%	13%	14%	2%	1%	3%	8%	100%		
12:00 - 13:00 Composicion	370	61	87	13	9	17	68	625	FHP=	Vol max
	59%	10%	14%	2%	1%	3%	11%	100%	0,704	625
08:15 - 09:15 Composicion	196	46	49	8	10	8	21	338	FHP=	Vol min
	58%	14%	14%	2%	3%	2%	6%	100%	0,854	338

Fuente: Propia

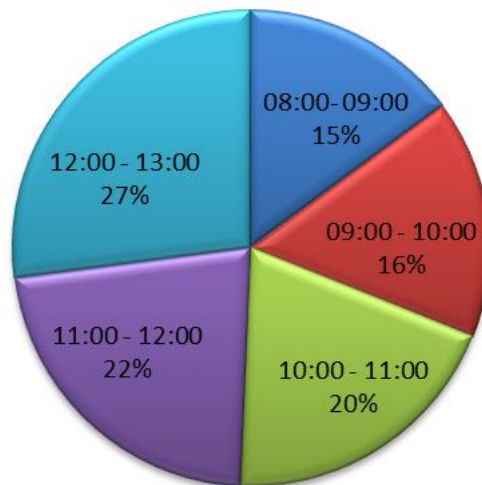
Grafica 1. Volumen vehicular Bogotá- Girardot (5 Horas)



Fuente: Propia

Grafica 2. Variación horaria Bogotá- Girardot (5 Horas)

VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Fuente: Propia

Por otra parte, en el aforo realizado el viernes 20 de febrero del 2015 en el peaje Chusaca, en el movimiento realizado Girardot- Bogotá en el transcurso de 5 horas (8:00- 13:00) se registran los datos en la tabla 5, donde se puede deducir que:

- El mayor flujo de vehículos que se obtuvo fue en el periodo de 12:00-13:00 el cual presenta un total de 765 vehículos, con un FHP (Factor de hora pico) de 0,64 donde nos indica el grado de uniformidad que tiene el tránsito en dicha hora.
- El menor flujo de vehículos que se obtuvo fue en el periodo de 9:15- 10:15 el cual presenta un total de 374 vehículos, con un FHP (Factor de hora pico) de 0,835 donde nos indica el grado de uniformidad que tiene el tránsito en dicha hora, donde es mayor que el FHP del periodo 12:00- 13:00.
- Según los datos analizados, se observa que durante este periodo de tiempo los usuarios más constantes de la vía son los automóviles, en segundo lugar se observó que los camiones C2 son los segundos usuarios más constantes en la vía, seguido por los buses, por ultimo las categorías de los camiones C4, C5, y >C5.

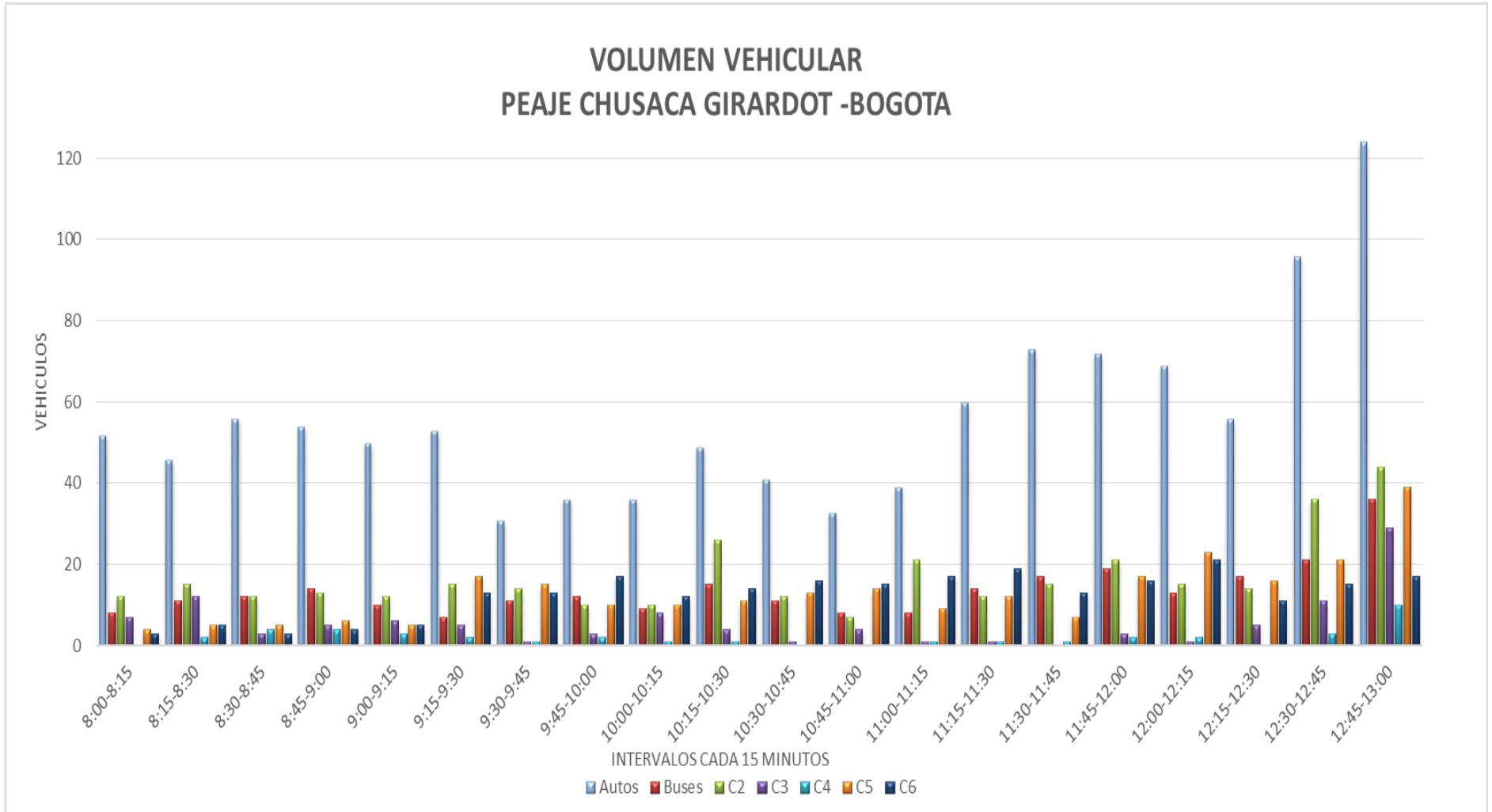
- En el periodo de estudio (5 horas) el flujo vehicular que circulo por la zona Girardot-Bogotá es de 2393 entre todas las categorías de vehículos ya mencionados
- En el análisis de volúmenes vehiculares, la variación horaria que tuvo mayor porcentaje vehicular fue la de 12:00-13:00, con un total del 32% de vehículos, por otra parte la que tuvo la menor variación horaria fue en el periodo de 08:00-09:00, 09:00-10:00, 10:00-11:00, las cuales presentan un total del 16% de los vehículos que circularon por la zona de estudio.

Tabla 11. Volumen vehicular Girardot - Bogotá

Hora de Inicio	Auto	Buses	Camion					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
8:00-8:15	52	8	12	7	0	4	3	86		
8:15-8:30	46	11	15	12	2	5	5	96		
8:30-8:45	56	12	12	3	4	5	3	95		
8:45-9:00	54	14	13	5	4	6	4	100	377	16%
9:00-9:15	50	10	12	6	3	5	5	91	382	
9:15-9:30	53	7	15	5	2	17	13	112	398	
9:30-9:45	31	11	14	1	1	15	13	86	389	
9:45-10:00	36	12	10	3	2	10	17	90	379	16%
10:00-10:15	36	9	10	8	1	10	12	86	374	
10:15-10:30	49	15	26	4	1	11	14	120	382	
10:30-10:45	41	11	12	1	0	13	16	94	390	
10:45-11:00	33	8	7	4	0	14	15	81	381	16%
11:00-11:15	39	8	21	1	1	9	17	96	391	
11:15-11:30	60	14	12	1	1	12	19	119	390	
11:30-11:45	73	17	15	0	1	7	13	126	422	
11:45-12:00	72	19	21	3	2	17	16	150	491	21%
12:00-12:15	69	13	15	1	2	23	21	144	539	
12:15-12:30	56	17	14	5	0	16	11	119	539	
12:30-12:45	96	21	36	11	3	21	15	203	616	
12:45-13:00	124	36	44	29	10	39	17	299	765	32%
Volumen 5 h composicion	1126	273	336	110	40	259	249	2393	2393	100%
	47%	11%	14%	5%	2%	11%	10%	100%		
12:00 - 13:00 Composicion	345	87	109	46	15	99	64	765	FHP=	Vol max
	45%	11%	14%	6%	2%	13%	8%	100%	0,640	765
09:15 - 10:15 Composicion	156	39	49	17	6	52	55	374	FHP=	Vol min
	42%	10%	13%	5%	2%	14%	15%	100%	0,835	374

Fuente: Propia

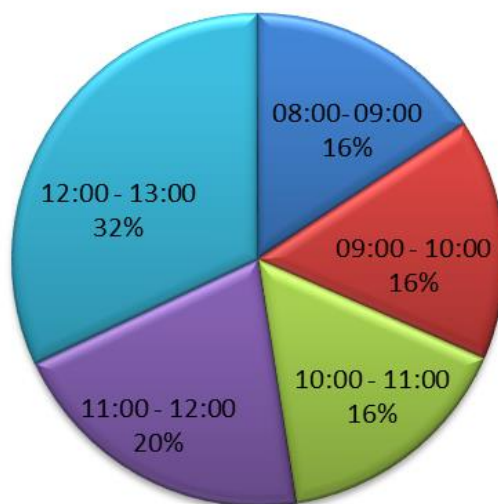
Grafica 3. Volumen vehicular Girardot- Bogotá (5 Horas)



Fuente: Propia

Grafica 4. Variación horaria Girardot- Bogotá (5 Horas)

VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Fuente: Propia

7.3.2 TIEMPO DE ATENCION

Este hace referencia al tiempo en que un vehículo está siendo atendido en taquilla al momento del pago en el peaje Chusaca, a continuación se muestra la tabla del promedio obtenido en los resultados del Anexo 13:

Tabla 12. Tiempo promedio de atención (9:06- 10:06)

TIPO DE VEHÍCULO	PROMEDIO (Segundos)
AUTOS	16,99
BUSES	12,91
CAMIONES	18,02

Fuente: Propia.

7.3.3 TIEMPO DE LLEGADA

Este hace referencia al tiempo que tiene un vehículo frente al otro al momento de llegada al peaje Chusaca, a continuación se muestra la tabla del promedio obtenido en los resultados del Anexo15 y Anexo 16:

Tabla 13. Tiempo promedio de llegada (8:06 – 8:36)

TIPO DE VEHICULO	PROMEDIO (Segundos)
AUTOS	28,55
BUSES	59,17
CAMIONES	57,24

Fuente: Propia.

Tabla 14. Tiempo promedio de llegada (12:06 – 12:36)

TIPO DE VEHICULO	PROMEDIO (Segundos)
AUTOS	11,46
BUSES	30,38
CAMIONES	15,41

Fuente: Propia.

7.3.4 TIEMPO EN EL SISTEMA DE PEAJE

Este hace referencia al tiempo total en que un vehículo está en el sistema de peaje, el cual es de resalto a resalto, a continuación se muestra la tabla del promedio obtenido en los resultados del Anexo18:

Tabla 15. Tiempo total en el sistema (10:06- 11:06)

TIPO DE VEHICULO	PROMEDIO (Segundos)
AUTOS	31,86
BUSES	40,01
CAMIONES	42,98

Fuente: Propia.

7.3.5 COLA VELICULAR

Tabla 16. Cola vehicular (11:40- 13:00)

		CONTEO POR COLA																														TOTALES COLA*ENTRADA									
		ENTRADA 1						ENTRADA 2						ENTRADA 3						ENTRADA 4						ENTRADA 5															
TIEMPO (min)		V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	1	2	3	4	5
0	1	3							1			1			1										1					3	2					1	3	3	0	4	3
1	2	2	1													1													1	1		1					3	0	1	1	2
2	3	1							3							2							1					1		1						1	3	2	2	1	
3	4	1							1									1					1					1								1	1	1	1	0	
4	5	2							2							1									2										2	2	2	1	2	2	
5	6	1	1							2						1		1										1		1				1	2	2	2	1	2		
6	7							1	4							2					1			1			1						1			1	4	3	2	1	
7	8	2														1	1																		2	0	2	0	0		
8	9	1							1									1					1							1						1	1	1	1	1	
9	10	1														3							1													1	0	3	1	0	
10	11	1							3							2							1	1				1			1					1	3	2	3	1	
11	12	3																			1								1							3	0	1	0	1	
12	13	2							3												1									1						2	2	3	1	1	2
13	14																						1														0	0	0	1	0
14	15	1							1							2												1								2	1	1	2	1	2
15	16								1							1			1					1												1	0	1	2	1	1
16	17	1	1												1		1	2					3							1						2	1	3	3	1	
17	18	1							1	1						1	2	1	1	1					2	1			1							1	1	2	6	3	2
18	19	1								2												1							2			3					1	2	1	2	3
19	20	2	1						4	1						2	1	1					1	1			1								2	3	5	4	3	2	
20	21								1							1							1						1								0	1	1	1	1
21	22	1			1													2					3												1	2	0	2	3	1	
22	23	1								1					1	1							1			1								1		1	2	1	3	1	
23	24	1							1																		1									1	1	1	0	1	1
24	25	1							2										1							1										2	1	2	1	1	2
25	26															2								1												1	0	0	2	1	3
26	27	1								1						1						1														2	1	1	2	2	2
27	28								1							1							1														0	1	1	1	0
28	29	1																																		1	1	0	0	1	1
29	30	1									1					1																				1	1	1	0	2	

Tabla 16. Continuación

		CONTEO POR COLA																														TOTALES COLA*ENTRADA				
		ENTRADA 1						ENTRADA 2						ENTRADA 3						ENTRADA 4						ENTRADA 5										
TIEMPO (min)		V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	1	2	3	4	5		
30	31			1					1		1							2			1				1				2	1	2	3	3	3		
31	32	1								2										1								1	1	2	1	0	1			
32	33	1	1								1					1			1							1		1	2	1	2	1	2			
33	34	2								1	1					2	1								1			1	2	2	3	2	1			
34	35	1							1							2									1	1				1	1	1	2	1		
35	36	1							1										1						1					1	1	0	1	1		
36	37	1							1							1									1					1	1	1	1	0		
37	38	2							2							2								1					1	2	2	2	2	1		
38	39	1							1							1	1								1	1	1			1	1	2	2	2		
39	40	1		1					3							1		1					2						1	2	3	2	2	1		
40	41	1	1	1						1						3		1					1				1	1	2	3	1	4	3	3		
41	42	2							2							2	1						1				1			2	2	3	2	1		
42	43	2														1														2	0	1	0	0		
43	44	1	1						2							4						2			1		1		1	2	2	4	3	2		
44	45								6							4						1				1	1		1	0	6	4	3	2		
45	46																	2							1	1				0	0	2	0	2		
46	47								3							2	1	1				3				1				0	3	4	3	1		
47	48								2							1		2				2	1			1				0	2	3	3	1		
48	49								8							1	1		1			1	1	1			1		2	0	8	3	3	3		
49	50								3									1					2						2	0	3	1	3	2		
50	51								3							2						1	1				1			0	3	2	2	1		
51	52								2							2						4				1			1	0	2	2	5	3		
52	53								5							3						1	1	1	1		2		1	0	5	4	3	4		
53	54									1	1							1					1						2	0	2	1	2	2		
54	55															1	1					2							1	0	0	2	2	1		
55	56								2							2						1			2					0	2	2	2	2		
56	57								1							3														0	1	3	0	0		
57	58								2									1										1	0	2	1	1	1	1		
58	59								3							1	1					1				1		1	1	0	3	2	2	2		
59	60									2						1												1	0	2	1	1	1	1		

Tabla 16. Continuación

		CONTEO POR COLA																														TOTALES COLA*ENTRADA											
		ENTRADA 1						ENTRADA 2						ENTRADA 3						ENTRADA 4						ENTRADA 5																	
TIEMPO (min)		V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	V	B	C2	C3	C4	C5	C6	1	2	3	4	5		
60	61									1							1	1								2							1					0	1	2	2	1	
61	62								3								2								2					1	1					1	0	3	2	3	2		
62	63								2								1	1	1						1					1	1			1			0	2	3	2	2		
63	64								4								3								2				1		1	1	1				1	0	4	3	4	3	
64	65								6								2	1	2						2					2		1	1				1	0	6	5	4	3	
65	66								3	2	1						1	1	1					1	3		1				1				1	3	0	6	4	4	5		
66	67								2	2	1						2	2	1						2	2	2									4	0	5	5	6	4		
67	68								5	1							3	2								2					2						3	0	6	5	4	3	
68	69								4								2		1					2		1		1		1	1					1	0	4	3	5	3		
69	70								3								3	1							2					3							2	0	3	4	5	2	
70	71								4	1					1		3	1						1	3	2	2				1						3	0	6	5	7	4	
71	72								2	2	1						3	2							3		2				2	1		1				2	0	5	5	7	4
72	73								3	1	1						2	1	2						1		1				2		2	1					0	5	5	4	3
73	74								7										3						2		3				1		2					3	0	7	3	5	6
74	75								5								4	2							3	1	1					2	2	1			1	1	0	5	6	5	7
75	76								3	1							4	1			1				2	1			1		2	1				1	1	0	4	6	5	5	
76	77								3	1	1						2	1	1						2		2	1			3		1	1				2	0	5	4	5	7
77	78								4								5	1							2	1	1			1		1	1					1	0	4	6	5	3
78	79								5		1						3	2							2						2	2					1	2	0	6	5	4	5
79	80								4								4	1									2	1				2	2					2	0	4	5	3	6

A continuación se presentan los parámetros que influyen directamente en la generación de los tiempos de espera en la zona de estudio:

Tabla 17. Parámetros de medición de cola

PARÁMETROS DE ANALISIS		
TIEMPO DE ATENCIÓN	Autos	16,99
	Buses	12,91
	Camiones	18,02
	PROMEDIO	15,97
TIEMPO DE LLEGADA (12:06- 12:36)	Autos	11,46
	Buses	30,38
	Camiones	15,41
	PROMEDIO	19,08
VOLUMENES VEHICULARES	Autos	370
	Buses	61
	Camiones	194

Según los parámetros obtenidos anteriormente, se puede observar que el tiempo promedio de atención por usuario es de 15.97 segundos, mientras que el tiempo promedio de llegada por usuario es de 19.08 segundos (hora pico del estudio), por lo que se puede inferir que en el lapso de 12:00 m y 1:00 pm se presenta el pico vehicular, lo cual da como resultado la presentación de las colas en el peaje.

A cambio las horas valle el tiempo promedio de llegada de los usuarios al peaje es mayor, por lo tanto la cola presentada en este tiempo es de menor importancia, ya que corresponde a 1 o 2 usuarios por taquilla.

Por medio de la correlación entre el volumen vehicular en hora pico y el tiempo de atención por tipo de vehículo, se obtiene la información consignada en la tabla 18:

Tabla 18. Correlación de tiempo de llegada

CORRELACION DE TIEMPO DE LLEGADA		
TIEMPO DE ATENCION	AUTOS	16,99
	BUSES	12,91
	CAMIONES	18,02
VOLUMENES VEHICULARES	AUTOS	370
	BUSES	61
	CAMIONES	194
TIEMPO DE LLEGADA	AUTOS	9,73
	BUSES	59,02
	CAMIONES	18,56

De acuerdo a la Tabla 18, se observa que la llegada de automóviles es de 9.73 segundos, mientras que el tiempo de atención de estos vehículos es de 16.99 segundos, por lo que se evidencia que es mayor el tiempo de atención al usuario que el tiempo de llegada, lo cual da como resultado la generación de la cola vehicular en el peaje, y por ende aumentos en los tiempos de viaje de los usuarios. Los otros dos tipos de vehículos arrojan tiempos de atención mayores a los tiempos de llegada, por lo cual no son factores que influyan en la generación de las colas vehiculares.

Una vez analizados los parámetros anteriores, se obtiene que la cola vehicular de gran importancia en el análisis, tiene un inicio a las 12: 15 m hasta la 1:00 pm, obteniendo valores de hasta 8 vehículos en espera con un rango mínimo de 3 vehículos.

Lo anteriormente mencionado, se contrasta con los parámetros que influyen en la formación de la cola vehicular, lo cual permite inferir que la eficiencia del peaje en hora pico se ve afectado por los tiempos de cobro principalmente, ya que los tiempos de llegada vehiculares son menores a estos.

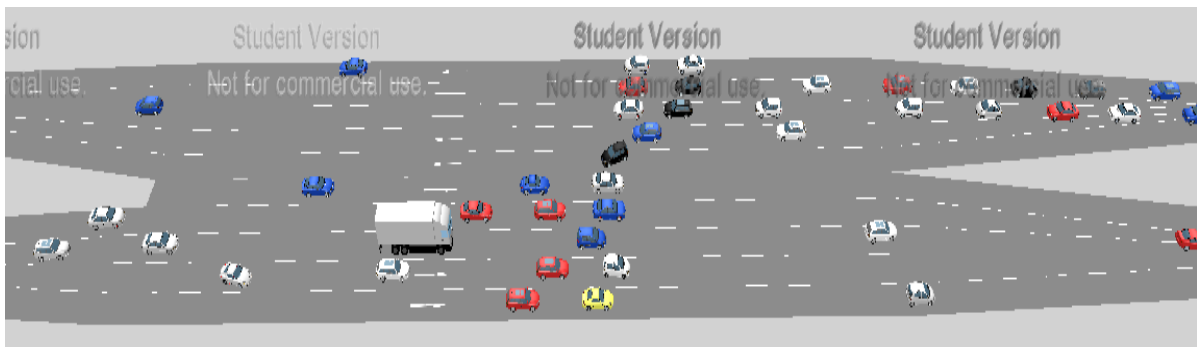
7.4 REPRESENTACION SISTEMA ACTUAL VS SISTEMA FREE FLOW

La representación entre los sistemas se realizó en el programa PTV Vissim 7 y la representación gráfica en el programa SketchUp 2015, el cual permite modelar cualquier comportamiento de tráfico y tipo de vía, en este caso se realizó la comparación en el tramo pertinente al peaje Chusaca, el cual permite analizar información del modelo en 2D y 3D, además evaluar los volúmenes vehiculares presentados en la zona de estudio (Tabla 10 -Tabla 11), el modelo se muestra de la siguiente forma:

7.4.1 REPRESENTACION DEL PEAJE ACTUAL

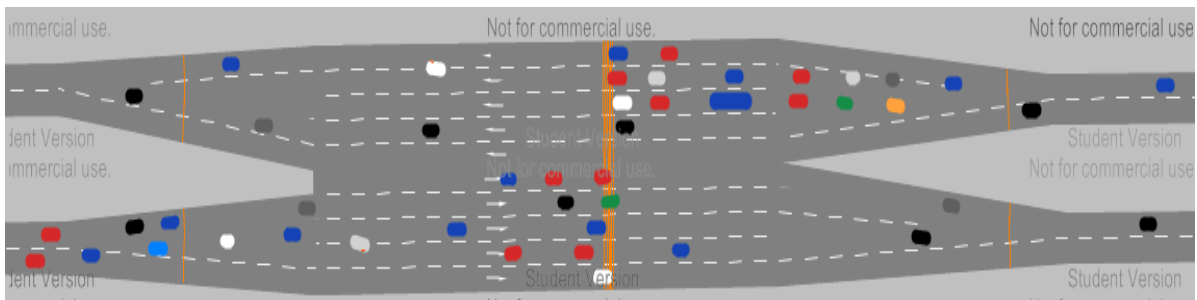
En la Figura 14 y Figura 15, se da a conocer la representación realizada en el programa PTV Vissim 7, el cual muestra el comportamiento del flujo vehicular obtenido en el estudio realizado el día 20 de Febrero del 2015, donde se evidencia la cola vehicular causada por el aumento del volumen vehicular, y el tiempo de espera que puede tener un usuario del peaje Chusaca en determinadas horas del día.

Figura 14. Representación sistemática peaje actual, PTV Vissim 7, 3D



Fuente: Propia.

Figura 15. Representación sistemática peaje actual, PTV Vissim 7, 2D



Fuente: Propia.

Por otra parte en la Figura 16 hasta la Figura 19, se muestra la representación gráfica del peaje Chusaca en el programa SketchUp 2015, donde se evidencia el movimiento del flujo vehicular en la hora pico de la zona de estudio.

Además se evidencia el tipo de vehículos que pasa por el peaje Chusaca (sistema standard) y también la cola vehicular generada por las demoras causadas por el cobro realizado en efectivo en las casetas correspondientes del peaje.

Figura 16. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

Figura 17. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

Figura 18. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

Figura 19. Representación gráfica peaje actual, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

7.4.2 REPRESENTACION SISTEMA FREE FLOW

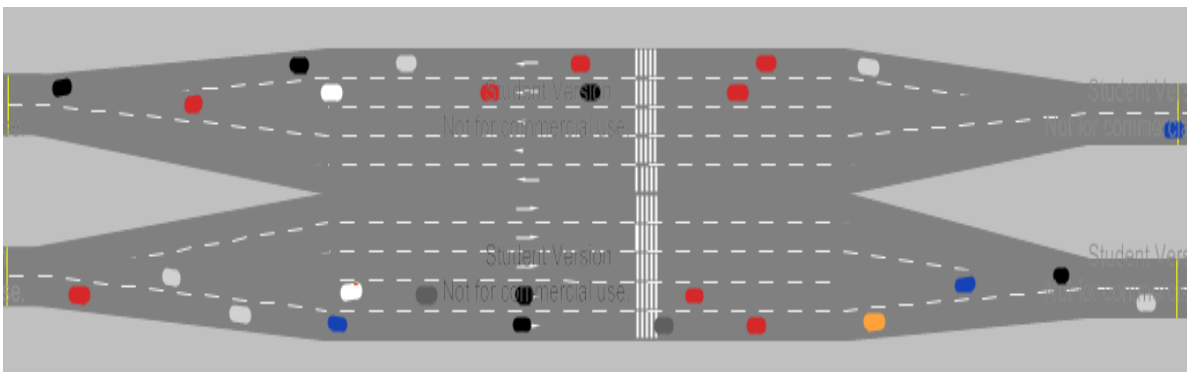
En la Figura 20 y Figura 21, se da a conocer la representación realizada en el programa PTV Vissim 7, el cual muestra el comportamiento del flujo vehicular con el volumen vehicular realizado el día 20 de Febrero del 2015, donde se evidencia que el flujo vehicular mejora notablemente, ya que los usuarios del sistema no tiene que disminuir la velocidad para realizar el proceso de pago en efectivo.

Figura 20. Representación sistemática sistema Free Flow, PTV Vissim 7, 3D.



Fuente: Propia.

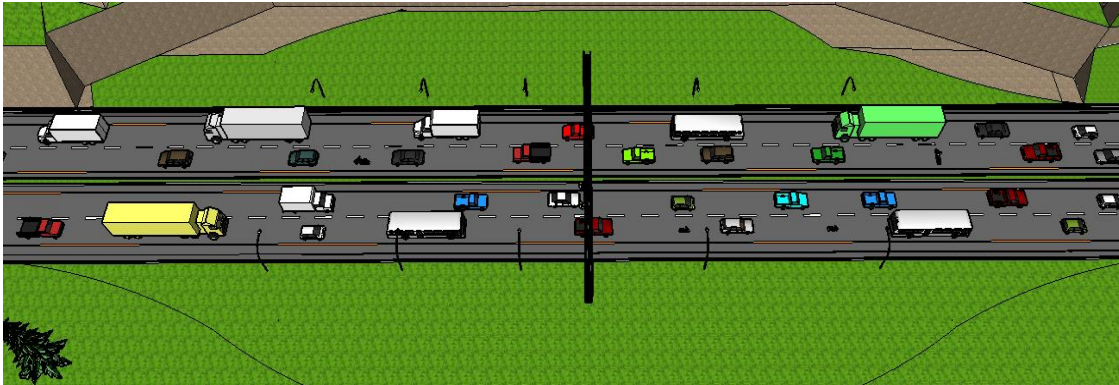
Figura 21. Representación sistemática sistema Free Flow, PTV Vissim 7, 2D.



Fuente: Propia.

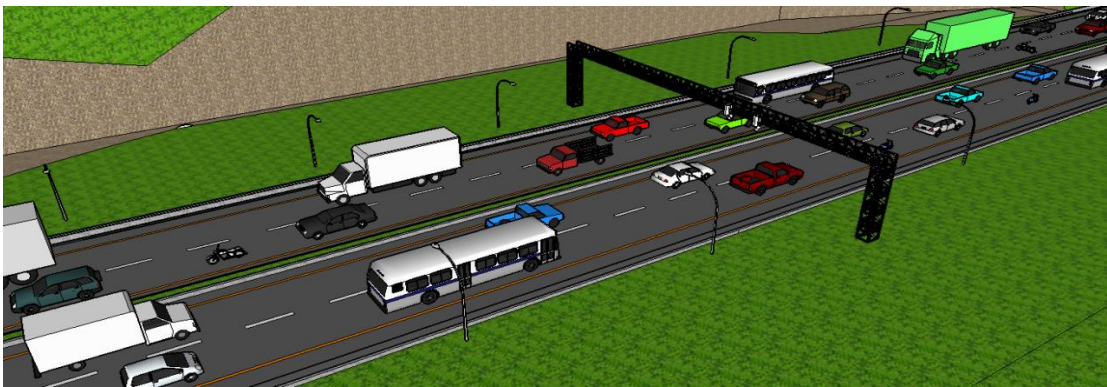
Además al realizar la representación gráfica del sistema Free Flow en el peaje Chusaca en el programa SketchUp 2015, se evidencia que los vehículos que pasan por el sistema a implementar tiene un mejor flujo en la movilidad, ya que no disminuyen la velocidad para realizar el pago en una caseta de cobro. También se puede verificar con el sistema cuantos vehículos pasan en un periodo de tiempo, que categoría de vehículo paso y con qué ocurrencia pasa un vehículo.

Figura 22. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

Figura 23. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

Figura 24. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.

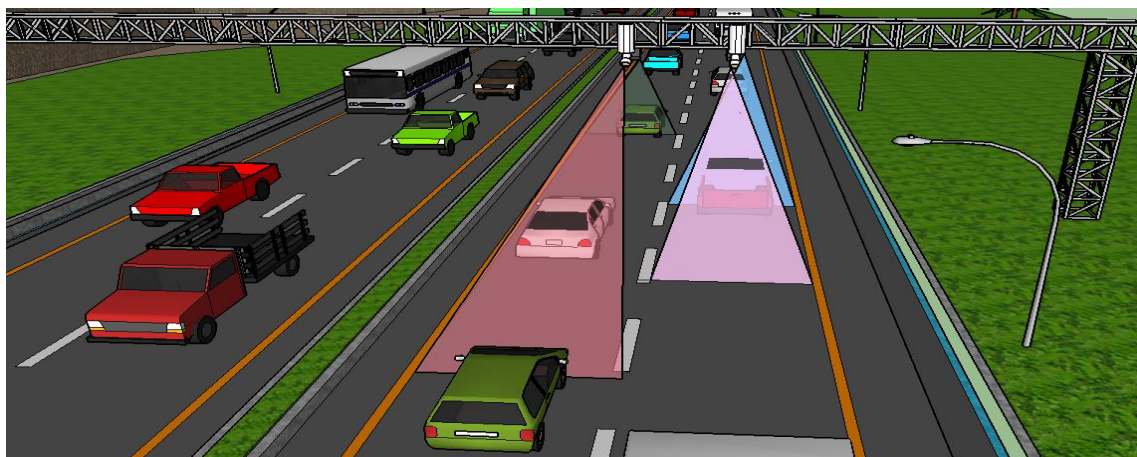


Fuente: Propia.

En las Figuras 25 hasta la 27, se evidencia el funcionamiento del scanner de reconocimiento vehicular que realiza las cámaras incorporadas en el pórtico del sistema Free Flow.

Al momento de llegada al sistema una cámara realiza el scanner de reconocimiento de placa, la cual está registrada en las entidades de control vehicular, como el SIM, el ministerio de transporte y movilidad.

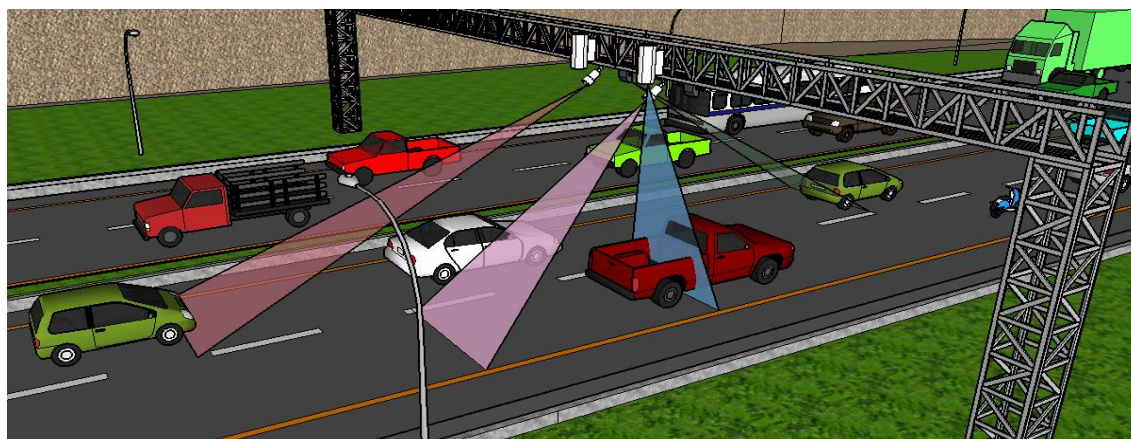
Figura 25. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

La segunda fase de reconocimiento, es cuando el vehículo pasa por el pórtico y realiza la identificación del respectivo TAG, que debe tener incorporado cada vehículo.

Figura 26. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.

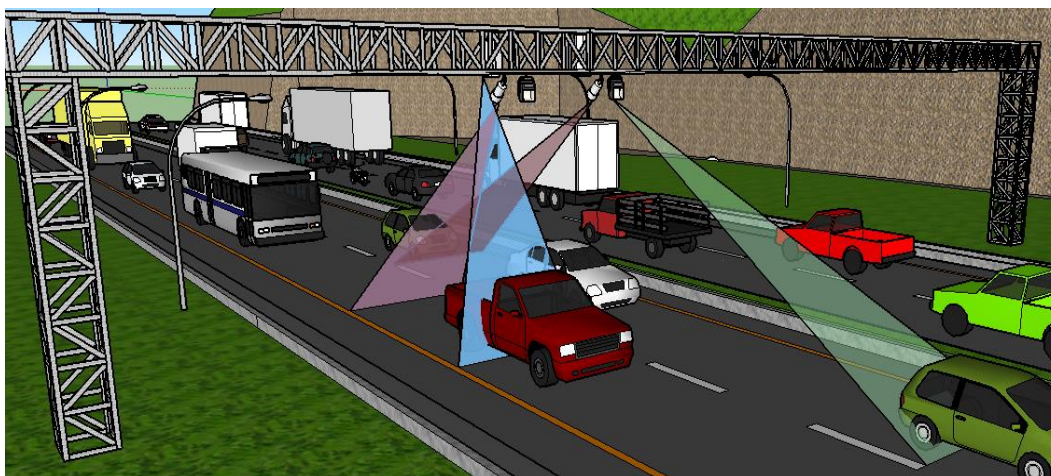


Fuente: Propia.

La última fase de reconocimiento, es donde un scanner realiza de nuevo la identificación de placa, donde se verifica si todos los datos concuerdan y así realizar el cobro o descuento pertinente por utilizar el servicio de la vía.

Si dichos datos no concuerdan el sistema informa a la policía de tránsito que el vehículo tiene algún problema y que debe ser verificado.

Figura 27. Representación sistemática sistema Free Flow, SketchUp 2015.



Fuente: Propia.

7.5 ANALISIS DE RESULTADOS

Los siguientes análisis son el resultado de los diferentes procesos realizados en las fases de investigación.

7.5.1 COMPORTAMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR

Según los resultados obtenidos en las diferentes fases de investigación, se define el comportamiento del flujo vehicular de la siguiente manera:

- Existe una gran tendencia por los usuarios de automóviles a utilizar las casetas del medio (Figura 13), ya que estas permiten una salida directa a los dos carriles que conectan con el peaje. También se puede apreciar que los conductores de tráfico pesado tienen tendencia a utilizar las casetas exteriores.

- Los conductores de buses intermunicipales acostumbran abordar y dejar pasajeros en el peaje, lo que genera demoras y congestión en este.
- La forma de pago del peaje Chusaca tiene un promedio de tiempo de 15- 20 segundos de tiempo de atención al usuario, y un tiempo promedio total en el sistema (resalto a resalto) de 30-40 segundos, lo cual indica que el sistema es propenso a generar demoras, embotellamientos, y colapsos cuando existe un alto flujo de volumen vehicular (días atípicos)²³.
- La representación tanto digital como gráfica, muestran a grandes rasgos el comportamiento del flujo vehicular, de los dos peajes de interés, dando como resultado que el peaje actual presenta grandes demoras, en cuanto a atención del usuario, comportamiento del flujo, y fallas de movilidad por el cambio del volumen vehicular a determinadas horas. Por otra parte la representación indica que el peaje con sistema Free Flow es mucho más eficiente en aspectos como atención del usuario, tiempo de recorrido, continuidad del flujo vehicular en cualquier momento o periodo del día.
- Se evidenció que el flujo vehicular tiende a presentar incrementos en horas de la mañana y del medio día, esto se debe a los ámbitos o roles que deben desempeñar los usuarios durante el transcurso del día, es decir en los periodos que tienden a tener mayor cola vehicular.

7.5.2 COMPARACION DEL PEAJE ACTUAL Y EL SISTEMA FREE FLOW

El siguiente cuadro muestra la comparación entre el sistema existente en la zona y el sistema viable a implementar, en este caso el sistema Free Flow, donde se busca destacar los pro y contras de ambos sistemas, resaltando parámetros como infraestructuras, tiempos de demoras, costos administrativos y de operación, entre otros.

²³ DÍA ATÍPICO: Se refiere a los días no típicos, estos son Viernes, Sábado, Domingo y días feriados.

Tabla 19. Comparación Peaje Standard Vs Sistema Free Flow

PARAMETRO	PEAJE STANDARD	PEAJE CON SISTEMA FREE FLOW
COSTOS DE OOPERACION	Este tipo de peaje son mayores, ya que este depende de un gran costo de mantenimiento y pago de personal, como se mostró y analizo anteriormente.	Son considerablemente bajos, ya que este presenta un mantenimiento bajo, y simplemente puede ser operado por poco personal.
COSTOS ADMINISTRATIVOS Y DE CONTROL	Este peaje presenta costos bajos, ya que su control se puede hacer con una caseta a pocos metros del peaje.	Este presenta costos relativamente altos, ya que este tipo de peaje es controlado por medio de una estación central que puede estar o no cerca de este, además de un software que se encarga del control de la tarificación y el reconocimiento del vehículo.
INFRAESTRUCTURA	Este tipo de peajes exige una construcción básica en concreto, además de ser necesario la construcción de casetas de cobro, barreras de contención, pantallas led para indicar el cobro de este, y barreras que evitan el paso cuando el usuario no ha realizado el pago del mismo.	Este peaje Free Flow es una estructura básica con sistema de pórtico (dos columnas y una viga), la cual puede ser construida en acero o aluminio, su mantenimiento es fácil y rápido, además de que en la parte superior se situaran las cámaras y los lectores para el reconcomiendo vehicular.
TIEMPO	Este tipo de peajes genera demoras o retrasos en el viaje, ya que el usuario debe detenerse para realizar el pago del peaje, esto genera demoras no solo para el usuario que realiza el pago, sino también genera demoras para los usuarios que están detrás de él.	Este tipo de peajes en cuestión de tiempo no presenta algún tipo de problema, ya que este sistema al ser de flujo libre no interfiere con la movilidad de la zona y del usuario, es decir, no afecta en ningún momento el paso del vehículo, también cabe resaltar que el pago de este tipo de peaje puede ser hecho por anticipado o después del viaje.

EMPLEO	Este tipo de sistema genera una gran cantidad de empleos, tanto directos como indirectos, es decir, fomenta el empleo en el sector. Ya que al presentarse una interrupción del flujo los trabajadores indirectos tienen una gran oportunidad para ofrecer los productos generar demoras en el sistema.	Este tipo de peaje al ser un sistema de flujo libre afecta en gran medida los empleos, ya que si analiza la parte de los empleos directos, esta se realizaría desde un centro de control, que puede estar cerca del peaje o a distancia de este. En cuestión de los trabajos indirectos estos desaparecerían, ya que como se habló anteriormente al presentar un flujo interrumpido, los trabajadores indirectos no tendrán la oportunidad de ofrecer los productos que se venden en la zona.
BENEFICIO		El peaje con sistema Free Flow contempla múltiples beneficios para la sociedad en los cuales se encuentran: ▪ Circulación continua de hasta 2.200 vehículos por carril sin necesidad de reducir la velocidad. ▪ Reducción de las emisiones contaminantes al medio ambiente al suprimirse las retenciones en los puntos de peaje. ▪ Descenso significativo de los tiempos de recorrido. ▪ Aumento de la seguridad y comodidad del viajero. ▪ Disminución en el gasto de combustible. ▪ Aumento de la flexibilidad para definir los pagos de las tarifas.

8 CONCLUSIONES

Mediante los datos recaudados en campo, y los obtenidos por la modelación, se puede concluir de la presente investigación lo siguiente:

- Con los constantes problemas de movilidad presentados en el peaje de Chusaca, se ve necesario la implementación de un peaje que no retrase en gran medida la movilidad del usuario de la vía, ya que al ser una vía tan concurrida, y una vía arteria del país esta necesita que el paso de los vehículos tanto livianos como de carga pesada sea de una manera ágil y rápida, de este modo el usuario vería un ahorro sustancial en tiempos y en dinero.

La solución a este problema de movilidad sería un peaje electrónico con sistema Free Flow, el cual brinda todas las bondades en cuanto a movilidad, ya que el conductor no tendría que detenerse para realizar un pago, en este caso el sistema Free Flow ofrece gran cantidad de pagos tanto en línea como físicos, dando como resultado que en el momento del viaje la persona que hace uso de la vía no vería en ningún momento interrumpido su viaje por demoras en un peaje o simplemente demoras por colapso de la vía por el pago del mismo.

Por otra parte, en la modelación realizada en el programa SketchUp 2015, se evidenció la diferencia de infraestructura que tiene los dos tipos de peajes y como es el comportamiento vehicular en cada uno de ellos en la zona de estudio en un modelo 3D.

En conclusión la mejor opción para mejorar la movilidad en el sector del peaje Chusaca, es la implementación de un peaje electrónico con sistema Free Flow, ya que este presenta una gran cantidad de bondades las cuales fueron mencionadas anteriormente, además cabe decir de que este sistema representa para el usuario ahorros en tiempo y en dinero lo cual arroja como resultado confort.

- Según los datos técnicos, sociales y administrativos, obtenidos en campo, se pudo apreciar que la vía Bogotá-Girardot presenta serios problemas de movilidad, donde los usuarios se ven afectados tanto de manera económica, como también en la pérdida de tiempo, es decir, que al tener que esperar para hacer atendidos, estos pierden tiempo importante en otras actividades. Los factores anteriormente mencionados, son la principal causa de la congestión presente en el peaje Chusaca, de esta manera mediante el estudio realizado, se pudo observar que la mejor solución en cuanto a efectividad de tiempo y costo es la implementación del peaje electrónico con sistema Free Flow, ya que como se vio en las tablas 2.1 y 2.2 este sistema

no le genera algún tipo de demora al usuario, ya que este no deberá detenerse en ningún momento, y los pagos del peaje podrá hacerlos de manera electrónica una vez haya terminado o empezado su viaje.

- Mediante los estudios realizados para medir el impacto vehicular, se utilizaron los aforos, los cuales en gran medida evidenciaron el problema de movilidad que se presenta en la zona, como anteriormente se dijo, las demoras presentan costos y retrasos en tiempo para los usuarios, este mecanismo de medición vehicular, también permitió identificar las falencias en cuanto a tiempo de llegada de los usuarios, tiempos de espera para ingreso al sistema, tiempo que dura el usuario en ser atendido por el personal de la concesión, y el tiempo que se demora en salir de este, una vez unificado todos estos análisis se pudo determinar el tiempo total que dura un usuario dentro del sistema, esta información ya fue consignada en las tablas 6 y 9 del presente artículo, las cuales muestran los volúmenes vehiculares recolectados en la zona, y las tablas 10 y 12 las cuales evidencian los tiempos ya mencionados anteriormente. Gracias a estos análisis se logró determinar los impactos en cuanto a tiempos que tienen que soportar los usuarios de la vía al momento de ser atendidos, agudizándose más el problema cuando se presentan horas de mayor demanda dentro del peaje. De igual manera para mitigar estos impactos en cuanto tiempos y movilidad, es viable la implementación del sistema electrónico con Free Flow, ya que como se explicó anteriormente disminuye notablemente los impactos ya mencionados.

9 RECOMENDACIONES

Durante el proceso investigativo, se evidenciaron serios problemas a la hora de realizar la toma de datos, ya que como grupo investigador el acceso a los volúmenes vehiculares fue complicado por parte de consorcio, en este caso Autopista Bogotá-Girardot, en este caso fue necesario grabar un video, en la zona de estudio para poder determinar los volúmenes vehiculares, y de esta manera poder empezar con los respectivos análisis que se realizaron en el presente documento.

Por otra parte debido a las políticas de privacidad que maneja la concesión administradora del peaje con la ANI (Agencia nacional de infraestructura), se hace imposible acceder a la base de datos que manejan estas dos entidades, de esta manera dificultando el proceso investigativo.

Para futuras investigaciones sobre este tipo de temas, se recomienda a los investigadores, generar cartas de autorización que les permitan acceder a los diferentes datos que son necesarios para iniciar un estudio como este.

Otro aspecto importante que no se tocó en el presente documento es de fomentar los estudios ambientales, con el fin de realizar la comparación de los impactos de implementación producidos por cada tipo de sistema, con el fin de generar un espacio sostenible y sustentable con el medio ambiente, ya que en el día de hoy es un aspecto de vital importancia en cualquier proyecto de ingeniería que se realice.

Una vez finalizado el estudio correspondiente a la presente tesis, consideramos importante continuar la investigación sobre otros aspectos relevantes sobre la tarificación de los peajes, con el fin de dar cabida a otros sistemas que mejoren las condiciones de movilidad en la zona de estudio. Además de que las vías Colombianas en su gran haber presentan serios problemas de movilidad, que valen la pena ser analizados y encontrar una solución a este problema que diariamente genera retrasos en las actividades de las personas.

Para el grupo investigador, ha sido de gran importancia aprender los conceptos básicos y los sistemas que componen el peaje Free Flow, con el fin de tener un panorama amplio del sistema a implementar, además se aprendieron aspectos vitales para generar soluciones de movilidad cuando estas se presentan en vías de alto impacto como lo es la vía Bogotá-Girardot, la cual como ya se mencionó anteriormente es una vía arteria de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA Y WEB GRAFÍA

- ERMEZ HARD & SOFT. Tarificación. (En línea).
http://www.ermez.com/soporte/documentacion/Todos/AQCT_32/Web/Ermez_Aqct_Web35/Tarificacion_Principal.htm. (Citado el 16 de octubre de 2014).
- FUNDACION CETMO. Tarificación vial: aspectos clave y situación en diversos países. (En línea).
<http://www.fundacioncetmo.org/fundacion/publicaciones/tarificaci%F3n%20vial.pdf>. (Citado el 21 de octubre de 2014).
- JUAN MIGUEL HERNANDEZ PEREZ. La tarificación por módulos en el seguro de vida: conveniencia de la utilización de módulos de capital como medida para reducir el riesgo de la cartera. (En línea).
http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1053096. (Citado el 16 de octubre de 2014).
- MANUEL DELGADO. Descripción de los peajes Free Flow. (En línea).
<http://manueldelgado.com/descripcion-de-los-peajes-free-flow/>. (Citado el 10 de septiembre de 2014).
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Sistemas inteligentes de transporte en obras transporte en obras concesionadas en chile. (En línea).
<http://www.mop.cl/CentrodeDocumentacion/Documents/Concesiones/cgc-sit.pdf>. (Citado el 15 de octubre de 2014).
- MINISTERIO DE TRANSPORTE. Desde cuando existe el ministerio de transporte. (En línea).
<https://www.mintransporte.gov.co/mintraninos/publicaciones.php?id=267>. (Citado el 6 de septiembre de 2014).
- PERIODICO EL TIEMPO. Historia de los peajes en Bogotá. (En línea).
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-860906>. (Citado el 6 de septiembre de 2014).
- RADIO SANTAFE 1070 a.m. Peajes en Colombia, los más costosos del mundo: senador Guevara. (En línea).
<http://www.radiosantafe.com/2010/09/08/peajes-en-colombia-los-mas-costosos-del-mundo-senador-guevara/>. (Citado el 8 de septiembre de 2014).

- UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID. Tarificación Dinámica en un Sistema de Gestión de Tele – peaje. (En línea).
<http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20130924HenarGomezdeMerodioPerea.pdf>. (Citado el 10 de septiembre de 2014).
- UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. Infraestructuras del Transporte. (En línea).
<http://www.fundacionjuanarizo.com/documentos/cursoexplotacion/EVillalonga.pdf>. (citado el 20 de octubre de 2014).
- UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS. Sistema de gestión de peajes (SGP). (En línea).
<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4a43d8d95da19.pdf>. (Citado el 10 de septiembre de 2014).

ANEXOS

Anexo 1. Formato de estudio de volúmenes vehiculares

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO	
---	---	---

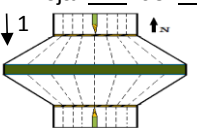
Fecha: (D.M.A) _____	Intersección: _____	Hoja: ____ de: _____
Hora Inicio: _____ Hora final: _____		Esquema:
Condicion Climática: _____	Movimientos Aforados: _____	
Aforador: _____		
Supervisor: _____		

Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	Total							
	Total							
	Total							
	Total							

Observaciones:	_____ _____ _____ _____
Firma Supervisor: _____	Firma Aforador: _____

Anexo 2. Aforo Bogotá- Girardot (8:00- 9:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO	
---	---	---

Fecha:(D.M.A)_ <u>20 / Febrero / 2015</u>	Intersección: <u>Peaje Chusaca</u>	Hoja: <u>1</u> de: <u>10</u>
Hora Inicio: <u>8:00</u> Hora final: <u>13:00</u>	<u>K 18+840</u>	
Condicion Climática: <u>Despejado</u>	Movimientos Aforados:	
Aforador: <u>Andres Fabian Cardona</u>	<u>Bogota- Girardot</u>	
Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>		

Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	08:00	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒				
	08:15	☒☒☒						
	Total	39	23	16	1	0	1	0
	08:15	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒		☒☒☒		
	08:30	☒☒☒						
	Total	54	9	14	0	2	0	1
	08:30	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒
	08:45	☒☒☒						
	Total	59	12	15	4	3	2	4
	08:45	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒	☒☒☒
	09:00	☒☒☒						
	Total	39	15	10	3	2	5	9

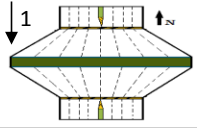
Observaciones: _____

Firma Supervisor: _____
Firma Aforador: _____

Anexo 3. Aforo Bogotá- Girardot (9:00- 10:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO							
Fecha:(D.M.A)_ 20 / Febrero / 2015 Intersección: Peaje Chusaca Hoja: 2 de 10 Hora Inicio: 8:00 Hora final: 13:00 K 18+840 Condicion Climática: Despejado Movimientos Aforados: Bogotá- Girardot Aforador: Andres Fabian Cardona Supervisor: Brandon Farieta Miranda								
Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	09:00							
	09:15							
	Total	44	10	10	1	3	1	7
	09:15							
	09:30							
	Total	64	16	19	3	0	2	6
	09:30							
	09:45							
	Total	72	10	12	0	0	2	1
	09:45							
	10:00							
	Total	65	13	12	0	0	0	2
Observaciones: _____ _____ _____								
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

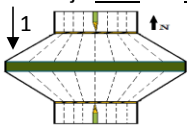
Anexo 4. Aforo Bogotá- Girardot (10:00- 11:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA				ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO			
Fecha:(D.M.A)_ 20 / Febrero / 2015				Intersección: Peaje Chusaca		Hoja: 3 de 10	
Hora Inicio: 8:00 Hora final: 13:00				K 18+840			
Condicion Climática: Despejado				Movimientos Aforados:			
Aforador: Andres Fabian Cardona				Bogota- Girardot			
Supervisor: Brandon Farieta Miranda							

Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	10:00	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☐	☒☒☐	☐		☐	☒☐
	10:15	☒☒☒ ☒☒☒						
	Total	72	15	15	2	0	2	8
	10:15	☒☒☒☐ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒	☒☒ ☐	☐		☐	☐
	10:30	☒☒☒ ☒☒☒						
	Total	73	12	16	4	0	5	5
	10:30	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☐	☒☒☒ ☐	☐		☒☐	☒☐
	10:45	☒☒☒ ☐						
	Total	62	11	21	2	0	8	8
	10:45	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☐	☒☒	☐	☐	☐	☒☒
	11:00	☒☒☒ ☒☒☐						
	Total	69	10	12	2	3	5	12

Observaciones:	
Firma Supervisor: _____	Firma Aforador: _____

Anexo 5. Aforo Bogotá- Girardot (11:00- 12:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO							
Fecha:(D.M.A)_ 20 / Febrero / 2015 Intersección: Peaje Chusaca Hoja: 4 de: 10 Hora Inicio: 8:00 Hora final: 13:00 K 18+840 Condicion Climática: Despejado Movimientos Aforados: Bogotá- Girardot Aforador: Andres Fabian Cardona Supervisor: Brandon Farieta Miranda								
								
Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	11:00	☒☒☒ ☒☒ ☒☒☒	☒☒ ☐	☒☒☒	☒	☐	☒	☒☒☒☐
	11:15	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒						
	Total	61	16	21	5	3	5	22
	11:15	☒☒☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒☒☒	☒☒	☒☒☒	☐	☐	☐	☒☐
	11:30	☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒		☐				
	Total	86	12	21	2	1	3	8
	11:30	☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒	☒☒☒☒	☒☒		☐	☒☒☐	
	11:45	☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒	☒☒☒☒					
	Total	59	29	11	0	1	5	15
	11:45	☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒	☒☒☒☒	☐		☐	☒☒☐	
	12:00	☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒	☒☒☒☒					
	Total	77	29	1	0	1	5	15
Observaciones: _____ _____ _____ Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

Anexo 6. Aforo Bogotá- Girardot (12:00- 13:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA		ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO			
Fecha:(D.M.A)_ 20 / Febrero / 2015		Intersección: Peaje Chusaca		Hoja: 5 de 10	
Hora Inicio: 8:00 Hora final: 13:00		K 18+840			
Condicion Climática: Despejado		Movimientos Aforados:			
Aforador: Andres Fabian Cardona		Bogota- Girardot			
Supervisor: Brandon Farieta Miranda					

Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	12:00							
	12:15							
	Total	77	15	17	1	0	2	11
	12:15							
	12:30							
	Total	88	10	21	3	4	0	17
	12:30							
	12:45							
	Total	91	9	16	0	1	4	16
	12:45							
	13:00							
	Total	114	27	33	9	4	11	24

Observaciones: _____

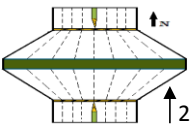
Firma Supervisor: _____
Firma Aforador: _____

Anexo 7. Aforo Girardot- Bogotá (8:00- 9:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO							
Fecha: (D.M.A) <u>20 / Febrero / 2015</u> Intersección: <u>Peaje Chusaca</u> Hoja: <u>6</u> de: <u>10</u> Hora Inicio: <u>8:00</u> Hora final: <u>13:00</u> <u>K18+840</u> Condicion Climática: <u>Despejado</u> Movimientos Aforados: <u>Girardot- Bogota</u> Aforador: <u>Jefrey Melo Cordoba</u> Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>								
Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	08:00							
	08:15							
	Total	52	8	12	7	0	4	3
	08:15							
	08:30							
	Total	46	11	15	12	2	5	5
	08:30							
	08:45							
	Total	56	12	12	3	4	5	3
	08:45							
	09:00							
	Total	54	14	13	5	4	6	4
Observaciones: _____ _____ _____ _____								
Firma Supervisor: _____					Firma Aforador: _____			

Anexo 8. Aforo Girardot- Bogotá (9:00- 10:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO	
---	---	---

Fecha:(D.M.A)_ 20 / Febrero / 2015 Hora Inicio: 8:00 Hora final: 13:00 Condicion Climática: Despejado Aforador: Jeffrey Melo Cordoba Supervisor: Brandon Farieta Miranda	Intersección: Peaje Chusaca K18+840 Movimientos Aforados: Girardot- Bogota	Hoja: 7 de 10 
--	---	--

Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	09:00	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☐	☒☒	☒	☐	☒	☒
	09:15	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒						
	Total	50	10	12	6	3	5	5
	09:15	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☐	☒☒☐	☐	☐	☒☒☒	☒☒☒
	09:30	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒				☒☒☒	☒☒☒	
	Total	53	7	15	5	2	17	13
	09:30	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☐	☒☒☐	☐	☐	☒☒☐	☒☒☒
	09:45	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒						
	Total	31	11	14	1	1	15	13
	09:45	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☒	☒☐	☐	☐	☒☐☒	☒☒☒
	10:00	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒					☒☒☒	
	Total	36	12	10	3	2	10	17

Observaciones: _____

Firma Supervisor: _____

Firma Aforador: _____

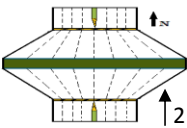
Anexo 9. Aforo Girardot- Bogotá (10:00- 11:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO							
Fecha:(D.M.A)_ <u>20 / Febrero / 2015</u> Intersección: <u>Peaje Chusaca</u> Hoja: <u>8</u> de: <u>10</u> Hora Inicio: <u>8:00</u> Hora final: <u>13:00</u> <u>K18+840</u> Condicion Climática: <u>Despejado</u> Movimientos Aforados: Aforador: <u>Jefrey Melo Cordoba</u> <u>Girardot- Bogota</u> Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>								
Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	10:00	☒☒☒ ☒☒☒	☒☐	☒☐	☒☐		☒☐	☒☒
	10:15							
	Total	36	9	10	8	1	10	12
	10:15	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☐	☒☒☐	☒☒☒☐ ☒☐	☐		☒☐	☒☒☐
	10:30							
	Total	49	15	26	4	1	11	14
	10:30	☒☒☒ ☒☒☒ ☐	☒☐	☒☒			☒☒☐	☒☒☐ ☐
	10:45							
	Total	41	11	12	1	0	13	16
	10:45	☒☒☒ ☒☒☐	☒☐	☒☐	☐		☒☒☐	☒☒☐
	11:00							
	Total	33	8	7	4	0	14	15
Observaciones: _____ _____ _____ Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

Anexo 10. Aforo Girardot- Bogotá (11:00- 12:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO	
---	---	---

Fecha:(D.M.A)_ <u>20 / Febrero / 2015</u>	Intersección: <u>Peaje Chusaca</u>	Hoja: <u>9</u> de: <u>10</u>
Hora Inicio: <u>8:00</u> Hora final: <u>13:00</u>	<u>K18+840</u>	
Condicion Climática: <u>Despejado</u>	Movimientos Aforados:	
Aforador: <u>Jefrey Melo Cordoba</u>	<u>Girardot- Bogota</u>	
Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>		



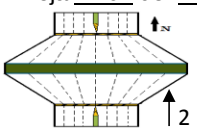
Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	11:00	☒☒☒ ☒☒☒	☒┐	☒☒☒ ┐			☒┐	☒☒ ☒
	11:15	┐						
	Total	39	8	21	1	1	9	17
	11:15	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒┐	☒☒			☒☒	☒☒☒
	11:30	☒☒☒ ☒						
	Total	60	14	12	1	1	12	19
	11:30	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒ ☒	☒☒┐			☒	☒☒
	11:45	☒☒☒ ☒☒☒						
	Total	73	17	15	0	1	7	13
	11:45	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒☒ 	☒☒☒ ┐	┐	┐	☒☒ ☒	☒☒ ☒
	12:00	☒☒☒ ☒☒☒						
	Total	72	19	21	3	2	17	16

Observaciones: _____

Firma Supervisor: _____

Firma Aforador: _____

Anexo 11. Aforo Girardot- Bogotá (12:00- 13:00)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO	
Fecha:(D.M.A)_ <u>20 / Febrero / 2015</u> Intersección: <u>Peaje Chusaca</u> Hoja: <u>10</u> de: <u>10</u> Hora Inicio: <u>8:00</u> Hora final: <u>13:00</u> <u>K18+840</u> Condicion Climática: <u>Despejado</u> Movimientos Aforados: <u>Girardot- Bogota</u> Aforador: <u>Jefrey Melo Cordoba</u> Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>		
		

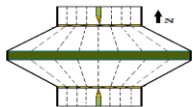
Movin. No.	Periodo	Autos	Buses	Camiones				
				C2	C3	C4	C5	>C5
	12:00	☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒	☒☒	☒☒☐		☐	☒☒☒ ☐	☒☒☒ ☐
	12:15	☒☒☒ ☒☒☐						
	Total	69	13	15	1	2	23	21
	12:15	☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒	☒☒ ☐	☒☒☐	☐		☒☒ ☐	☒☐
	12:30	☒☒☒☒ ☐						
	Total	56	17	14	5	0	16	11
	12:30	☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒	☒☒☒ ☐	☒☒☒☒ ☒☒☒☒	☒☐	☐	☒☒☒☒ ☐	☒☒☒☐
	12:45	☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒						
	Total	96	21	36	11	3	21	15
	12:45	☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒ ☒☒☒☒☒	☒☒☒☒ ☒☒☒☒	☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☐	☒☒☒☒ ☒☐	☒☐	☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☐	☒☒☒ ☐
	13:00	☒☒☒☒☒ ☐						
	Total	124	36	44	29	10	39	17

Observaciones:	
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____	

Anexo 12. Formato de tiempo de atención en taquilla

[illegible]

Anexo 13. Aforo tiempos de atención en la taquilla (9:06- 10:06)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE TIEMPO DE ATENCION EN TAQUILLA FORMATO DE CAMPO	
Fecha: (D.M.A) <u>20 / Febrero / 2015</u> Intersección: <u>Peaje Chusaca</u> Hoja: <u>1</u> de: <u>1</u> Hora Inicio: <u>9:06</u> Hora final: <u>10:06</u> K18+840 Condicion Climática: <u>Despejado</u> Aforados: Aforador: <u>Jefrey Melo- Brandon Farieta- Fabian Cardona</u> Tiempo atencion taquilla Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>		
		
AUTOS	BUSES	CAMIONES
Cantidad	Segundos	Cantidad
Segundos	Cantidad	Segundos
1	21,55	1
2	25,15	2
3	14,13	3
4	15,16	4
5	16,40	5
6	17,3	6
7	21,28	7
8	16,24	8
9	18,04	9
10	12,46	10
11	14,34	11
12	17,23	12
13	19,09	13
14	19,54	14
15	13,52	15
16	18,13	16
17	14,07	17
18	24,62	18
19	20,18	19
20	14,62	20
21	15,53	21
22	21,10	22
23	16,20	23
24	14,25	24
25	15,1	25
26	13,38	26
27	12,26	27
28	18,35	28
29	16,20	29
30	14,31	30
Promedio	16,99	Promedio
Promedio	12,91	Promedio
Promedio	18,02	
Observaciones:		
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____		

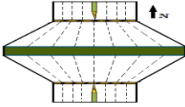
Anexo 14. Formato de tiempo de llegada al peaje

[illegible]

Anexo 15. Aforos tiempo promedio de llegada al peaje (8:06- 8:36)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE TIEMPO DE LLEGADA AL PEAJE FORMATO DE CAMPO				
Fecha: (D.M.A) <u>20 / Febrero / 2015</u> Intersección: <u>Peaje Chusaca</u> Hoja: <u>1</u> de: <u>2</u> Hora Inicio: <u>08:06</u> Hora final: <u>08:36</u> K18+840 Condicion Climática: <u>Despejado</u> Aforados: Aforador: <u>Jefrey Melo- Brandon Farieta- Fabian Cardona</u> Tiempo de llegada al peaje Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>					
AUTOS	BUSES	CAMIONES			
Cantidad	Segundos	Cantidad			
Segundos	Cantidad	Segundos			
1	8,07	1	25,06	1	26,82
2	34,20	2	12,96	2	73,36
3	18,36	3	48,06	3	51,61
4	36,22	4	32,89	4	21,10
5	18,90	5	70,89	5	122,574
6	69,04	6	60,20	6	14,67
7	13,63	7	52,65	7	59,89
8	7,20	8	70,818	8	150,816
9	14,89	9	124,896	9	12,73
10	27,08	10	54,09	10	30,28
11	34,38	11	61,716	11	71,328
12	22,59	12	35,55	12	18,31
13	18,31	13	13,05	13	36,00
14	24,57	14	46,12	14	54,09
15	34,02	15	9,27	15	19,66
16	6,70	16	20,47	16	189,312
17	43,60	17	50,58	17	61,53
18	22,68	18	12,87	18	36,76
19	4,63	19	187,422	19	76,428
20	15,97	20	32,66	20	77,808
21	13,41	21	148,572	21	7,83
22	93,20	22	312,402	22	74,136
23	42,34	23	85,776	23	20,44
24	153,432	24	22,95	24	181,968
25	9,85	25	87,6,12	25	10,12
26	8,34	26	8,07	26	60,048
27	20,92	27	34,20	27	58,45
28	15,66	28	18,36	28	52,42
29	11,32	29	36,22	29	20,47
30	12,87	30	27,08	30	26,38
Promedio	28,55	Promedio	59,17	Promedio	57,24
Observaciones: Los tiempos tomados en minutos se convirtieron en segundos para poder facilitar los calculos como el promedio de llegada al peaje.					
Firma Supervisor: _____			Firma Aforador: _____		

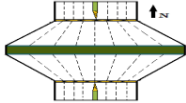
Anexo 16. Aforos tiempo promedio de llegada al peaje (12:06- 12:36)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE TIEMPO DE LLEGADA AL PEAJE FORMATO DE CAMPO	
Fecha: (D.M.A) <u>20 / Febrero / 2015</u> Intersección: <u>Peaje Chusaca</u> Hoja: <u>2</u> de: <u>2</u> Hora Inicio: <u>12:06</u> Hora final: <u>12:36</u> K18+840 Condicion Climática: <u>Despejado</u> Aforados: Aforador: <u>Jefrey Melo- Brandon Farieta- Fabian Cardona</u> Tiempo de llegada al peaje Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>		
		
AUTOS	BUSES	CAMIONES
Cantidad	Segundos	Cantidad
Segundos	Cantidad	Segundos
1	12,34	1
2	14,10	2
3	9,18	3
4	12,34	4
5	5,45	5
6	8,32	6
7	13,63	7
8	7,20	8
9	6,34	9
10	17,08	10
11	8,72	11
12	11,34	12
13	12,52	13
14	4,35	14
15	7,02	15
16	6,70	16
17	43,60	17
18	22,68	18
19	4,63	19
20	15,97	20
21	13,41	21
22	9,19	22
23	12,44	23
24	7,23	24
25	14,85	25
26	8,34	26
27	12,24	27
28	11,04	28
29	4,90	29
30	6,56	30
Promedio	11,46	Promedio
		30,38
		Promedio
		15,41
Observaciones: <u>Los tiempos tomados en minutos se convirtieron en segundos para poder facilitar los calculos como el promedio de llegada al peaje.</u>		
Firma Supervisor: _____		Firma Aforador: _____

Anexo 17. Formato tiempo total en el sistema

[illegible]

Anexo 18. Tiempo total en el sistema (10:06- 11:06)

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PEAJES ELECTRONICOS CON SISTEMA FREE FLOW COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN EL PEAJE CHUSACA	ESTUDIO DE TIEMPO TOTAL EN EL SISTEMA FORMATO DE CAMPO	
Fecha:(D.M.A) <u>20 / Febrero / 2015</u> Intersección: <u>Peaje Chusaca</u> Hoja: <u>1</u> de: <u>1</u> Hora Inicio: <u>10:06</u> Hora final: <u>11:06</u> <u>K18+840</u> Condicion Climática: <u>Despejado</u> Aforados: Aforador: <u>Jefrey Melo- Brandon Farieta- Fabian Cardona</u> Tiempo atencion taquilla Supervisor: <u>Brandon Farieta Miranda</u>		
		
AUTOS	BUSES	CAMIONES
Cantidad	Segundos	Cantidad
Segundos	Cantidad	Segundos
1	40,24	1
2	29,62	2
3	32,01	3
4	35,26	4
5	40,38	5
6	28,78	6
7	30,57	7
8	45,23	8
9	27,69	9
10	24,53	10
11	25,34	11
12	32,27	12
13	39,25	13
14	31,23	14
15	34,29	15
16	22,45	16
17	23,38	17
18	42,26	18
19	35,61	19
20	28,12	20
21	37,39	21
22	26,31	22
23	25,34	23
24	28,35	24
25	30,22	25
26	31,82	26
27	28,26	27
28	42,34	28
29	27,53	29
30	29,72	30
Promedio	31,86	Promedio
Promedio	40,01	Promedio
Promedio	42,98	Promedio
Observaciones:		
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____		

Anexo 19. Formato cola vehicular

Fecha: (D.M.A) Viernes 20 de Febrero del 2015
 Hora de inicio : 11:40 Hora final: 13:00
 Condicion climatica: Despejado
 Supervisor: Brandon Farieta Miranda

Intersección: Peaje Chusaca k18+840
Movimientos Aforados: Bogota- Girardot
Aforador: Brandon Farieta- Jefrey Melo- Fabian Cardona

[illegible]

