

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO GENERADO POR LOS NIVELES DE
SERVICIO DE LAS VIALIDADES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD
DE CUENCA”**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ.**

AUTORES:

JUAN SEBASTIAN CANTOS ROJAS

JUAN GABRIEL TOLEDO GARZON.

DIRECTOR:

ING. JAVIER VÁZQUEZ SALAZAR.

CUENCA, FEBRERO 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Juan Sebastián Cantos Rojas y Juan Gabriel Toledo Garzón, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Firma:



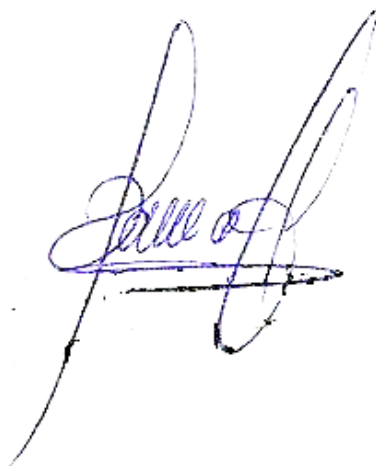
Juan Sebastián Cantos Rojas



Juan Gabriel Toledo Garzón

CERTIFICACIÓN

Que el siguiente trabajo de tesis: **“ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO GENERADO POR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LAS VIALIDADES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CUENCA”**, para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, realizado por los estudiantes Juan Sebastián Cantos Rojas y Juan Gabriel Toledo Garzón, fue dirigido por mi persona.



Ing. Javier Vázquez Salazar

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis está dedicado a Dios y a ti Papi Jorge por haber estado todo este tiempo junto a mí, cuidándome y guiándome en cada paso que daba, para que así cumpliera mis sueños.

A mis padres por brindarme su apoyo y confianza en toda la trayectoria estudiantil, por haber confiado en mí y en mis capacidades. A mi Madre Rosita en manera especial quien día tras día lucho incansablemente por hacer cumplir mis sueños y mis ideales, dejando de lado todo, para brindarme todo su tiempo, comprensión, consejos ,palabras de aliento y fuerzas para continuar en los malos y buenos momentos que se presentó todo este tiempo.

A toda mi familia que han sido pilares fundamentales en mi formación académica, y que han sabido darme todo el apoyo y la fuerza, Mami Lucha, Ñaño Rubén, mi hermano Vladimir, mi cuñada Charito, mis sobrinos Mishell y Ronny,

A mi novia Gabby que me sabido tener paciencia todo este tiempo de trabajo y me ha dado su apoyo incondicional y todos los deseos de éxito y superación. Gracias mi amor por todo, Te Amo, a mis chiquitos Marce, Romina y Ariadna mis hijos que me han sabido llenar de inspiraciones para seguir con mis anhelos de superación y éxito.

A TODOS GRACIAS TOTALES....!!!!

Juan Sebastián Cantos Rojas

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico primeramente a Dios quien supo guiarme por buen camino, para mis padres Alicia y Abelardo, a mis hermanos Silvia y Fernando y a mi familia, se los dedico por su apoyo, consejos, por estar siempre acompañándome, por su ayuda en momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para poder estudiar.

Juan Gabriel Toledo Garzón.

AGRADECIMIENTOS

De manera especial a nuestro director de tesis Ing. Javier Vázquez Salazar por su esfuerzo, dedicación y por habernos orientado a lo largo de todo este proceso investigativo por la elaboración del presente trabajo.

A todos nuestros profesores y personal que labora en el taller de Mecánica Automotriz por su apoyo y amistad.

Nuestro profundo agradecimiento e imperecedera gratitud al Sr. Ing. Vladimir Argudo Palomeque, exfuncionario de la Empresa Pública Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV), así como al Ing. Juan Pablo Lojano funcionario de la Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de la Ciudad de Cuenca quienes nos supieron brindar todas y cada una de las facilidades con la información necesaria para el desarrollo de la presente tesis, sin la cual no hubiésemos tenido el éxito del caso al que hoy hemos llegado gracias el esfuerzo y con la ayuda de Dios.

A todos los amigos que estuvieron presentes en el desarrollo de la tesis, y en nuestra formación académica y que de manera moral e incondicional nos ayudaron a la culminación del presente trabajo.

Juan Sebastián Cantos Rojas, Juan Gabriel Toledo Garzón.

INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS NIVELES DE SERVICIO Y SU IMPACTO ECONÓMICO	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Evolución Histórica del Tránsito.....	2
1.3 Historia del Crecimiento Vehicular Urbano en el Ecuador.....	4
1.4 Historia del Crecimiento Vehicular Urbano en Cuenca	7
1.5 Problema del Tránsito Vehicular.....	9
1.6 Características de Transito	10
1.6.1 Flujo constante.....	10
1.6.2 Flujo No Constante	14
1.6.3 Relación entre la demanda vehicular y la oferta vial.....	21
1.6.4 Factores que Intervienen en el problema de la Congestión Vehicular	22
1.7 Niveles de Servicio.....	23
1.7.1 Tipos de Niveles de Servicio	23
1.8 Calles Urbanas.....	28
1.8.1 Características del Flujo Urbano.....	28
1.8.2 Niveles de Servicio Urbanos.....	29
1.9 Intersecciones	29

1.9.1 Intersecciones Semaforizadas	30
1.9.2 Intersecciones No Semaforizada.....	37
1.10 Estudio de Volumen de Transito	41
1.10.1 Volúmenes de Transito Absolutos o Totales	41
1.10.2 Volúmenes de tránsito promedios diarios.....	41
1.10.3 Cálculos del TDPA	42
1.11 Impacto Económico.....	43
1.11.1 Costos y Subsidios de la Gasolina	43
1.11.2 Consumo de Combustibles de los Automóviles	44
1.11.3 Método de Medición de Consumo de Combustible	45
1.11.4 Combustibles	47
CAPÍTULO II ESTUDIO DE LOS NIVELES DE SERVICIO DE LAS	
VIALIDADES Y LAS DEMORAS DE TIEMPO	56
2.1 Introducción.....	56
2.2 Zona de Análisis	56
2.3 Metodologías en las que se basa la investigación.	57
2.3.1 Metodología de investigación aplicada a las intersecciones con semáforo	57
2.4 Puntos Críticos en el Centro Histórico de Cuenca	59
2.5 Estimación del TPDA (Transito Promedio Diario Anual)	62
2.6 Características Geométricas, Volúmenes y Fases Semafóricas	63
2.7 Estimación de la Hora de Máxima Demanda (HMD).....	83
2.8 Determinación de la Demora y Niveles de Servicio (L.O.S)	97
CAPITULO III ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO GENERADO POR	
LOS NIVELES DE SERVICIO	100
3.1 Introducción.....	100
3.2 Metodología de análisis para determinar el impacto económico generado por los niveles de servicio	100
3.3 Medición de Consumo de Combustible	101
3.3.1 Pruebas y Análisis del Sistema	102
3.4 Diseño del Experimento	102

3.4.1 Factores que afectan el consumo de combustible – Variables Independientes	103
3.4.2 Instrumento de Medición para las Pruebas	106
3.4.3 Tamaño del experimento	108
3.5 Resultados de las Pruebas.....	109
3.5.1 Prueba realizada en vehículos de 1000 cc.	109
3.5.2 Prueba realizada en vehículos de 1400 cc.	111
3.5.3 Prueba realizada en vehículos de 1600 cc.	112
3.5.4 Prueba realizada en vehículos de 1800 cc.	114
3.5.5 Prueba realizada en vehículos de 2000 cc.	115
3.6 Análisis económico generado por las intersecciones	118
3.6.1 Consumo de Combustible a diferentes regímenes de revolución	118
3.6.2. Consumo Total Generado en las Intersecciones	120
3.6.3 Costo Total Generado en las Intersecciones	123
CAPITULO IV PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	
	126
4.1 Introducción.....	126
4.2 Tipos de Solución	126
4.2.1 Solución integral	126
4.2.2 Solución parcial de alto costo	127
4.2.3 Solución parcial de bajo costo	127
4.3 Propuestas de Solución.....	128
4.3.1 Sistema de Transporte Público	128
4.3.2 Red de Ciclovías Urbanas.....	136
4.3.3 Sistema de Bicicletas Públicas.....	139
4.3.4 Sistemas de Car Pooling (Vehículo Compartido).....	144
4.3.5 Sistema de Pico y Placa	148
4.3.6 Sistema de Educación Vial	151
CONCLUSIONES:	152
BIBLIOGRAFIA	153
ANEXOS	158

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Información del Mercado Ecuatoriano	4
Tabla 1.2 Crecimiento vehicular y proyección a 10 años	6
Tabla 1.3 Crecimiento vehicular y proyección a 10 años	6
Tabla 1.4 Factor de Hora Pico	28
Tabla 1.5 Niveles de servicio en función de la demora	35
Tabla 1.6 Relación entre el tipo de llegada y razón de grupo (Rp)	36
Tabla 1.7 Definición y evaluación de los volúmenes de tráfico conflictivo	38
Tabla 2. 1. Transito Promedio Diario Anual	62
Tabla 2. 2 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 42.....	63
Tabla 2. 3 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 43.....	64
Tabla 2. 4 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 44.....	65
Tabla 2. 5 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 54.....	66
Tabla 2. 6 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 56.....	67
Tabla 2. 7 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 57.....	68
Tabla 2. 8 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 58.....	69
Tabla 2. 9 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 59.....	70
Tabla 2. 10 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 69.....	71
Tabla 2. 11 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 71.....	72
Tabla 2. 12 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 73.....	73
Tabla 2. 13 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 74.....	74
Tabla 2. 14 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 83.....	75
Tabla 2. 15 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 85.....	76
Tabla 2. 16 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 86.....	77
Tabla 2. 17 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 87.....	78
Tabla 2. 18 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 88.....	79
Tabla 2. 19 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 98.....	80
Tabla 2. 20 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 99.....	81

Tabla 2. 21 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 108	82
Tabla 2.22. Determinacion de Demoras y Niveles de Servicio	97
Tabla 3.1. Consumo de combustible en función de la cilindrada de un motor a diferentes regímenes	117
Tabla 3.2 Distribución vehicular	121
Tabla 3.3 Cálculo de Hora Valle	121
Tabla 3.4 Cálculo de Consumo por intersección	122
Tabla 3.5 Calculo del Costo total	124
Tabla 4.1. Total de vehículos de la Intersección 44.....	132

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Primera carretera en América.....	3
Figura 1.2 Primer Vehículo en el Ecuador	4
Figura 1.3. Primer Vehículo en Cuenca	7
Figura 1.4 Infraestructura Urbana de Cuenca – Parque Calderón	8
Figura 1.5 Relación entre los tres parámetros básicos	13
Figura 1.6 Esquema del Flujo de Saturación	16
Figura 1.7 Comparación entre la demanda vehicular y la oferta vial en una zona urbana	22
Figura 1.8 Nivel de Servicio A	24
Figura 1.9 Nivel de Servicio B	24
Figura 1.10 Nivel de Servicio C	25
Figura 1.11 Nivel de Servicio D	25
Figura 1.12 Nivel de Servicio E	26
Figura 1.13 Nivel de Servicio F	26
Figura 1.14 Representación de los niveles se servicio en el diagrama velocidad – intensidad	27
Figura 1.15 Esquema de cálculo de la impedancia	39
Figura 1.16 Esquema de cálculo de la impedancia	40
Figura 1.17 Esquema de cálculo de la impedancia	40
Figura. 1.18 Combustión Teórica	48
Figura. 1.19 Composición del Aire	49
Figura 1.20 Composición del Aire	50
Figura 1.21 Ventana Lambda	51
Figura 1.22 Relación de λ con Potencia y Consumo	52
Figura 1.23 Efecto de la altitud sobre la presión atmosférica	54
Figura 2.1. Mapa Urbano de la ciudad de Cuenca – Ecuador	57
Figura 2.2 Metodología Aplicada a las Intersecciones Semaforizadas	58
Figura 2.3. Puntos Críticos de Circulación Vehicular	60
Figura 2.4. Movimientos de la intersección Mariscal Lamar y Antonio Borrero	63

Figura 2.5. Movimientos de la intersección Mariscal Lamar y Hermano Miguel	64
Figura 2.6. Movimientos de la intersección Mariscal Lamar y Mariano Cueva	65
Figura 2.7. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Padre Aguirre	66
Figura 2.8. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Luis Cordero	67
Figura 2.9. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Antonio Borrero	68
Figura 2.10. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Hermano Miguel	69
Figura 2.11. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Mariano Cueva	70
Figura 2.12. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Padre Aguirre	71
Figura 2.13. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero	72
Figura 2.14. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Hermano Miguel	73
Figura 2.15. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Mariano Cueva	74
Figura 2.16. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Padre Aguirre	75
Figura 2.17. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Luis Cordero	76
Figura 2.18. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Antonio Borrero	77
Figura 2.19. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Hermano Miguel	78
Figura 2.20. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Mariano Cueva	79
Figura 2.21. Movimientos de la intersección Presidente Córdova y Luis Cordero	80
Figura 2.22. Movimientos de la intersección Presidente Córdova y Antonio Borrero ..	81
Figura 2.23. Movimientos de la intersección Juan Jaramillo y Luis Cordero	82
Figura 2.24. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Lamar y Antonio Borrero ..	83
Figura 2.25. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Lamar y Hermano Miguel ..	84
Figura 2.26. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Lamar y Mariano Cueva ..	85
Figura 2.27. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Padre Aguirre	85
Figura 2.28. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Luis Cordero	86
Figura 2.29. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Antonio Borrero ..	87
Figura 2.30. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Hermano Miguel ..	87
Figura 2.31. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Mariano Cueva ..	88
Figura 2.32. Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Padre Aguirre	89
Figura 2.33. Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Luis Cordero	89
Figura 2.34. Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Luis Cordero	90

Figura 2.35.	Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Mariano Cueva	91
Figura 2.36.	Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Padre Aguirre	91
Figura 2.37.	Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Luis Cordero	92
Figura 2.38.	Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Antonio Borrero	93
Figura 2.39.	Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Hermano Miguel ...	93
Figura 2.40.	Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Mariano Cueva	94
Figura 2.41.	Volumen de vehículos, Intersección Presidente Córdova y Luis Cordero ..	95
Figura 2.42.	Volumen de vehículos, Intersección Presidente Córdova y Antonio Borrero	95
Figura 2.43.	Volumen de vehículos, Intersección Juan Jaramillo y Luis Cordero	196
Figura 3.1	Metodología de estudio para el análisis del impacto económico	101
Figura 3.2	Sensor de Consumo de Gasolina	106
Figura 3.3	Principio de funcionamiento del medidor de flujo	107
Figura 3.4	Consumo de combustible en ralentí	109
Figura 3.5	Consumo de combustible a 1500 rpm	110
Figura 3.6	Consumo de combustible a 2000 rpm	110
Figura 3.7	Consumo de combustible a ralentí	111
Figura 3.8	Consumo de combustible a 1500 rpm	111
Figura 3.9	Consumo de combustible a 2000 rpm	112
Figura 3.10	Consumo de combustible a ralentí	112
Figura 3.11	Consumo de combustible a 1500 rpm	113
Figura 3.12	Consumo de combustible a 2000 rpm	113
Figura 3.13	Consumo de combustible a ralentí	114
Figura 3.14	Consumo de combustible a 1500 rpm	114
Figura 3.15	Consumo de combustible a 2000 rpm	115
Figura 3.16	Consumo de combustible a ralentí	115
Figura 3.17	Consumo de combustible a 1500 rpm	116
Figura 3.18	Consumo de combustible a 2000 rpm	116
Figura 3.19	Media del Consumo de combustible	117
Figura 3.20	Consumo de combustible en las diferentes intersecciones a ralentí	119
Figura 3.21	Consumo de combustible en las diferentes intersecciones a 1500 rpm	119

Figura 3.22 Consumo de combustible en las diferentes intersecciones a 2000 rpm	120
Figura 3.23 Consumo de combustible hora valle vs HMD	123
Figura 3.24 Costo de combustible hora valle vs HMD	127
Figura 4.1. Movilidad con y sin transporte público	129
Figura 4.2 Transporte Público en la ciudad de Curitiba	130
Figura 4.3 Comparación entre Vehículos vs. Buses	133
Figura 4.4 Demora Aplicada el sistema de transporte público	133
Figura 4.5 Costo vehículos vs buses	134
Figura 4.6 Comparación entre Vehículos vs. EL 20 % Buses	135
Figura 4.7 Demora Aplicada el sistema de transporte público	135
Figura 4.8 Comparación de costos entre Vehículos vs. 20% Buses	136
Figura 4.9 Sectorización de Ciclovías Urbanas de Cuenca	137
Figura 4.10 Propuesta Red de Ciclovías Urbanas de Cuenca	138
Figura 4.11 Sistema de Bicicletas Publicas	140
Figura 4.12 Comparación Vehículos/Bicicletas	142
Figura 4.13 Demora Aplicada el sistema de bicicletas públicas	143
Figura 4.14 Costo del sistema de bicicletas públicas	143
Figura 4.15 Sistema Car Pooling	145
Figura 4.16 Comparación Vehículos/Autos compartidos	146
Figura 4.17 Demora aplicada el sistema de autos compartidos	147
Figura 4.18 Consumo del sistema de autos compartidos	147
Figura 4.19 Comparación Vehículos/Pico y placa	149
Figura 4.20 Demora aplicada el sistema de Pico y placa	150
Figura 4.21 Costo del sistema de Pico y Placa	150

RESUMEN

En la actualidad en la ciudad de Cuenca y en manera específica en el centro histórico de la ciudad se ha podido observar de manera constante el tráfico y congestionamiento vehicular que soporta, volviéndose un caos no solo para los conductores sino también para las personas que habitan y circulan por dichas calles de la ciudad.

El crecimiento vehicular ha sido uno de los factores más importantes para crear congestionamiento dentro de la zona urbana de la ciudad de Cuenca, dicho congestionamiento causa un significativo impacto económico tanto para los conductores como para el Estado, volviéndose un consumo innecesario de dinero.

La presente tesis hace un análisis de los costos generados por los niveles de servicio de las vialidades para 20 puntos críticos o conflictivos dentro del Centro Histórico de la ciudad de Cuenca.

Los datos en su mayoría fueron obtenidos por medio de una investigación de campo y los datos de volúmenes, ciclos semafóricos fueron obtenidos por medio de la Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de la Ciudad de Cuenca, ya que todos estos datos son útiles para el análisis de intersecciones con semáforos y representados por su respectiva metodología de investigación.

Se desarrolla propuestas de solución a los problemas que causan la congestión vehicular, para así lograr disminuir su efecto económico, de igual manera mejorar la calidad de circulación de los conductores y tener un paso adecuado de los vehículos en la zona céntrica de la ciudad.

ABSTRACT

Nowadays in the city of Cuenca and specifically in the historical city center has been observed consistently and vehicular traffic congestion supporting, turning chaos not only for drivers but also for the people who live and circulate through these city streets.

The vehicular growth has been one of the most important factors in creating congestion within the urban area of the city of Cuenca, said congestion causes significant economic impact for both drivers and the state, becoming unnecessary consumption of money.

This thesis makes an analysis of the costs generated by the service levels of the roads for 20 critical or controversial within the historic center of the city of Cuenca points.

The data into were mostly obtained through field research and data volumes, traffic light cycles were obtained through the Municipal Directorate of Traffic and Transportation of the City of Cuenca, since all these data are useful for analysis of intersections with traffic lights and represented by their respective research methodology.

Develops proposals for solutions to the problems that cause congestion, thus achieving decrease their economic effect, just as improving the quality of movement of drivers and have adequate passing vehicles in the downtown area of the city.

INTRODUCCION

En la ciudad de Cuenca, se encuentra varias problemáticas en el tráfico vehicular, tales como un elevado número de vehículos por persona, sistemas de transporte congestionados, lo que se requiere tomar medidas para analizar el comportamiento de las calles del centro urbano. El incremento vehicular que se ha dado en el centro de la urbe, ha ocasiono problemas de congestionamiento vehicular.

En el capítulo I, se establecerá los conceptos teóricos básicos de los niveles de servicio y su impacto económico, así como conceptos que compone la ingeniería de tráfico, en los cuales se podrá observar las características y clasificación que interviene en cada análisis y que serán de gran ayuda para obtener los resultados requeridos.

En el capítulo II, se iniciará con la zona de análisis y la determinación de los puntos conflictivos en la zona urbana de la ciudad, planteando metodologías para el análisis de intersecciones semaforizadas. Obteniendo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y la hora de máxima demanda (HMD) de cada una de las intersecciones conflictivas, se llegará al determinar los niveles de servicio de las vialidades y las respectivas demoras de tiempo.

En el capítulo III, se analizará el impacto económico generado por los niveles de servicio, se iniciará estableciendo una metodología de estudio y los diferentes parámetros, que servirán de fundamento para definir el tamaño del experimento, obteniendo una medición de combustible, además se obtendrá los costos de combustible generados en cada intersección.

En el capítulo IV, se plantearán propuestas de soluciones para aminorar los problemas de congestionamiento vehicular de las intersecciones analizadas en el capítulo II. Las propuestas serán respaldadas con un respectivo análisis, tomando como ejemplo los datos de flujo vehicular de una intersección, para luego compararlas con cada propuesta de solución y analizar las diferencias que se formulan.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS NIVELES DE SERVICIO Y SU IMPACTO ECONÓMICO

1.1 Introducción

En este capítulo se desarrollará el fundamento teórico del presente trabajo. Se realizará como reseña histórica la evolución del tránsito y el crecimiento vehicular, la forma en la cual se ha desarrollado el sistema vial y como los vehículos de forma acelerada han ocupado o se han asociado en la ciudad para el desenvolvimiento diario de las personas.

Este capítulo pretende también fundamentar teóricamente los distintos niveles de servicio, con una descripción de los diferentes parámetros para el cálculo y determinación de niveles de servicio tanto de intersecciones semaforizadas como intersecciones no semaforizadas.

Para complementar el desarrollo del presente capítulo se establece los costos y subsidios de la gasolina, tanto a nivel mundial, sudamericano y del Ecuador; de igual forma se hace un breve desarrollo del estudio del consumo de los combustibles en los automóviles; se fundamenta teóricamente un estudio de los combustibles, como por ejemplo las propiedades, combustión teórica y real, así como los parámetros ambientales que influyen en la combustión.

1.2 Evolución Histórica del Tránsito

Desde la antigüedad el transporte ha jugado un papel importante para la subsistencia y comodidad del hombre. La historia data a tiempos antes de Cristo, cuando el hombre se transportaba de un lugar a otro, descalzo en busca de alimentos. A partir de la edad media, con la mejora del comercio y el aumento de la población se crea la necesidad de renovar los caminos, es así que en el siglo XII con el crecimiento de las ciudades se trazan calles angostas, como por ejemplo las ciudades griegas de Asia. (Cal y Mayor R, 2007)

En el siglo XIV el crecimiento del tránsito llega a un punto máximo en París y algunas ciudades de Italia, debido a que no existía interés por mejorar las calles y caminos.

En el siglo XVI, la población europea aumenta de forma considerable, por lo que el transporte también aumenta significativamente, influyendo en gran porcentaje el vehículo en la economía europea.

Con la invención del neumático para la rueda, sumado el mejoramiento de la metalurgia y el descubrimiento del petróleo, en las últimas décadas del siglo XIX se fabrica el primer automóvil con motor de combustión interna. (Cal y Mayor R, 2007)

En nuestro continente los incas fueron los primeros creadores de las carreteras, los mismos que utilizaban piedra como material para la construcción de los diferentes caminos. Dichos caminos estaban intercomunicados por medio de puentes de cuerdas entre las montañas y para su desplazamiento se movilizaban a pie o utilizaban animales. En América la primera carretera fue construida en el siglo XVI, en México.



Figura 1.1 Primera carretera en América
Fuente: (Bodero Carolina, 2009)

En Ecuador los primeros vehículos en transportar mercadería, datan a los años de 1930, mientras que en la década de los 50 se empieza con la fabricación de carrocerías, partes y algunas piezas metálicas, además en la década de los 60 se empieza a fabricar otros elementos necesarios para los nuevos modelos de vehículos de esa época con lo cual también se va incrementando el parque automotor. (Proecuador, 2013)



Figura 1.2 Primer Vehículo en el Ecuador
Fuente: (RevistaBuenViaje, 2014)

1.3 Historia del Crecimiento Vehicular Urbano en el Ecuador

La conquista española de la región andina produjo grandes cambios en los medios de transporte, y por ende generó un incremento del tránsito; en aquella época se usaban diversos medios de transporte como por ejemplo carretas, mulas, caballos, etc. (Bodero Carolina, 2009)

A principios del siglo XX empezaron a llegar los primeros vehículos al país, ya para los años 1912 y 1920 el número de vehículos era significativo dentro del territorio ecuatoriano, por lo que la necesidad de obtener carreteras era primordial. (AVILÉS, 2006)

Según cifras de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) se obtiene información del parque automotor en los últimos años en el Ecuador.

Información del Mercado Ecuatoriano

AÑO	POBLACION	PARQUE AUTOMOTOR	RELACION HABITANTES/VEHICULOS
2011	14.703.648	1.830.717	8.03
2012	15.651.000	1.952.163	8.02
2013	-----	2.065.975	-----

Tabla 1.1 Información del Mercado Ecuatoriano

Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador - AEADE - ANUARIOS 2011, 2012, 2013

Tasa de Crecimiento

El crecimiento vehicular es el cambio en el parque automotor en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de vehículos en una población por unidad de tiempo para su medición.

La tasa de crecimiento vehicular (T.D.C.V) es la tasa que indica el crecimiento o decrecimiento de los vehículos en una población dada. Específicamente, la tasa de crecimiento se refiere ordinariamente al cambio vehicular durante un período expresado a menudo como un porcentaje del número de vehículos existentes en un país o lugar a fines de un año sobre el parque automotor inicial en el mismo año. (Wikihow, 2014)

Puede expresarse bajo la fórmula:

$$T.D.C.V = \frac{PARQUE\ AUTOMOTOR_{AÑO\ ACTUAL} - PARQUE\ AUTOMOTOR_{AÑO\ PASADO}}{PARQUE\ AUTOMOTOR_{AÑO\ PASADO}}$$

Ecuación 1.1

(Wikihow, 2014)

Proyección Vehicular a 10 años

Según con los datos de la Tabla I, se puede estimar una proyección vehicular en un tiempo de diez años, de igual forma podemos obtener la tasa de crecimiento vehicular a partir de la ecuación 1.1.

AÑO	NUMERO DE VEHICULOS
2011	1830717
2012	1952163
2013	2065975
2014	2186422
2015	2313892
2016	2448793
2017	2591558
2018	2742647
2019	2902545
2020	3071765
2021	3250850
2022	3440376
2023	3640952
2024	3853221

Tabla 1.2 Crecimiento vehicular y proyección a 10 años

La tasa de crecimiento vehicular según la ecuación 1.1 es de 0.058 (5.83%)

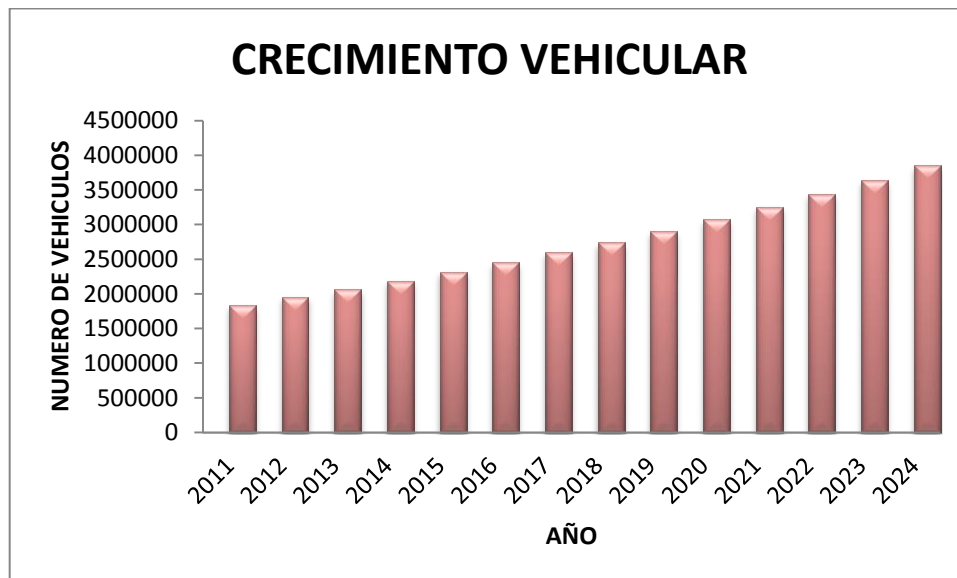


Tabla 1.3 Crecimiento vehicular y proyección a 10 años

1.4 Historia del Crecimiento Vehicular Urbano en Cuenca

Hace más de cien años circulo el primer vehículo por las calles de Cuenca. Según la edición N° 248 de la revista Avance “En 1912 apareció por primera vez un vehículo motorizado por las calles de Cuenca. Su propietario era Federico Malo Andrade y la marca del vehículo era Clement Bayard, adquirido dos años antes en Paris.” (R.Avance, 2012)



Figura 1.3. Primer Vehículo en Cuenca
Fuente: (R.Avance, 2012)

La aparición del automóvil en esos años causaría temor en la ciudadanía cuencana ya que era considerado como un aparato mágico y fantasmal. A un siglo de este importante acontecimiento se genera un grave problema de congestión vehicular.

Para la ciudad de Cuenca, el vehículo no solamente es utilizado como un artefacto de lujo, sino también es utilizado como una necesidad para el transporte diario de personas dentro y fuera de la ciudad para sus usos cotidianos.

Desarrollo Vial de la Provincia del Azuay

Un aspecto importante que define el paisaje del territorio del Cantón Cuenca, es el hecho de estar en la región Andina, su centro urbano con una gran planicie, aislada por su geografía debido a la presencia de los Andes como barrera física y a la falta de vías de

comunicación, fue un grave problema que no se resolvió, sino hasta el siglo XX; solamente caminos de herradura o senderos que muchas veces se tornaba intransitable en épocas invernales, unían a Cuenca con el resto del País y con el exterior.

En los siglos XVI y XVII se estableció la estructura del territorio en base a una estrategia de control territorial y administrativa de las poblaciones indígenas.

La estructura de bloques o solares cuadrados predominó en la construcción y planificación. Una plaza central, de la cual se partió para diseñar la ciudad en bloques cuadriculados divididos por calles ubicadas paralelamente entre sí y otras ortogonales, resultado del cumplimiento de las Leyes de Indias que normaban la fundación de ciudades. (María del Pilar Cornejo, 2010)

La infraestructura urbana de Cuenca, en el siglo XIX, es, prácticamente, la misma de la época colonial. El sitio ofrecía ciertas ventajas naturales para la edificación, la construcción de calles y vías. (María del Pilar Cornejo, 2010)



Figura 1.4 Infraestructura Urbana de Cuenca – Parque Calderón

Fuente: (ComunidadVirtualCuencanos, 2014)

Para la época las calles de la ciudad eran anchas y adecuadas para la circulación peatonal, éstas carecían de aceras, las obras que realizaba la administración municipal

eran pequeñas. Se construía, de vez en cuando, un edificio público; se pavimentaba una calle; se realizaban tareas de mantenimiento.

El crecimiento de la población y la expansión del área urbana entre los años de 1962 y 2001 no han tenido precedentes, las áreas rurales se modifican y sus paisajes se transforman e incorporan a la urbe. Sin embargo, este crecimiento sumado a los peligros que está expuesto el cantón por fenómenos naturales, se ha generado varios planes, ordenanzas y reglamentos para regularizar este crecimiento. (María del Pilar Cornejo, 2010)

1.5 Problema del Tránsito Vehicular

El problema del tránsito vehicular, tanto en una zona urbana como interurbana, se refiere a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje.

Este fenómeno se produce comúnmente en las horas pico, y de esta manera resulta frustrante para los conductores de vehículos motorizados, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.

Las consecuencias de las congestiones vehiculares denotan en accidentes, ya que el conductor puede perder la calma al encontrarse estático por mucho tiempo en un lugar de la vía. Esto también deriva en violencia vial, por otro lado reduce la gravedad de los accidentes ya que los vehículos no se desplazan a una velocidad importante para ser víctima de daños o lesiones de mayor gravedad.

También, los vehículos pierden innecesariamente combustible debido a que se está inactivo por mucho tiempo en un mismo lugar, sin avanzar en el trayecto de un punto a otro.

1.6 Características de Transito

Se debe analizar los diversos factores y las limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de la corriente de tránsito. Se observa la velocidad, el volumen y la densidad; el origen y destino del movimiento; la capacidad de las calles y carreteras; el funcionamiento de las intersecciones. (Cal y Mayor R, 2007)

Con esto se puede poner en evidencia la influencia de la *capacidad y limitaciones del usuario* en el tránsito; con el cual se estudia al usuario particularmente desde el punto de vista psíquico – físico, indicando los diferentes tipos de reacciones que tiene el usuario, empleando en todo esto métodos modernos e instrumentos psicotécnicos.

1.6.1 Flujo constante

1.6.1.1 Tasa de Volumen y Flujo

El volumen de tránsito es determinado como el número de vehículos que pasan en un determinado lugar durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”. (Cal y Mayor R, 2007)

Se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{Ecuación 1.2} \quad (\text{Cal y Mayor R, 2007})$$

En dónde;

Q= vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/ periodo)

N= número total de vehículos que pasan por un determinado lugar

T= periodo determinado

Un intervalo común de tiempo para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras.

Para períodos menores a una hora, generalmente el volumen se expresa como un equivalente horario de las razones de flujo. Por ejemplo, 1,000 vehículos observados en un período de 15 minutos se puede expresar como:

$$1,000 \text{ veh} / 0.25 \text{ hr} = 4,000 \text{ veh/hr}$$

La razón de flujo (v) es 4,000 veh/hr en un intervalo de 15 minutos, en el cual fueron observados 1,000 vehículos.

La relación entre el volumen horario y la máxima razón de flujo se define como el **Factor de Hora Pico (FHP)**:

$$FHP = \text{volumen horario} / \text{máxima razón de flujo}$$

Para períodos de 15 minutos, la ecuación se convierte en:

$$FHP = \frac{V}{4xV_{15}} \qquad \text{Ecuación 1.3}$$

(Cal y Mayor R, 2007)

Dónde:

V = Volumen horario (veh/hr)

V15 = Volumen máximo en 15 minutos de la hora (veh)

1.6.1.2 Velocidad

La velocidad es definida como una razón de movimiento, en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h).

(HCM, 2000), usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tránsito y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables. La velocidad promedio de viaje se calcula dividiendo el largo de la carretera, sección o segmento bajo consideración entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento.

La ecuación para el cálculo es como sigue:

$$S = \frac{L}{t_a}$$

Ecuación 1.4

(HighCapacityManual, 2000)☐

Dónde:

S = Velocidad promedio de viaje (km/hr)

L = Longitud del segmento de la carretera (km)

t_a = Tiempo promedio de viaje en el segmento (hr)

1.6.1.3 Densidad

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km).

La densidad se puede calcular como sigue:

$$D = \frac{v}{S}$$

Ecuación 1.5

(HighCapacityManual, 2000)

Dónde:

D = Densidad (veh/km)

v = razón de flujo (veh/hr)

S = Velocidad promedio de viaje (km/hr)

La densidad es el parámetro más importante en el tránsito, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tránsito. (Cal y Mayor R, 2007)

1.6.1.4 Relación entre los tres parámetros básicos

Existen tres gráficos que relacionan los principales parámetros, el gráfico de velocidad – densidad, el de velocidad – volumen y el de volumen – densidad. *Figura 1.5*

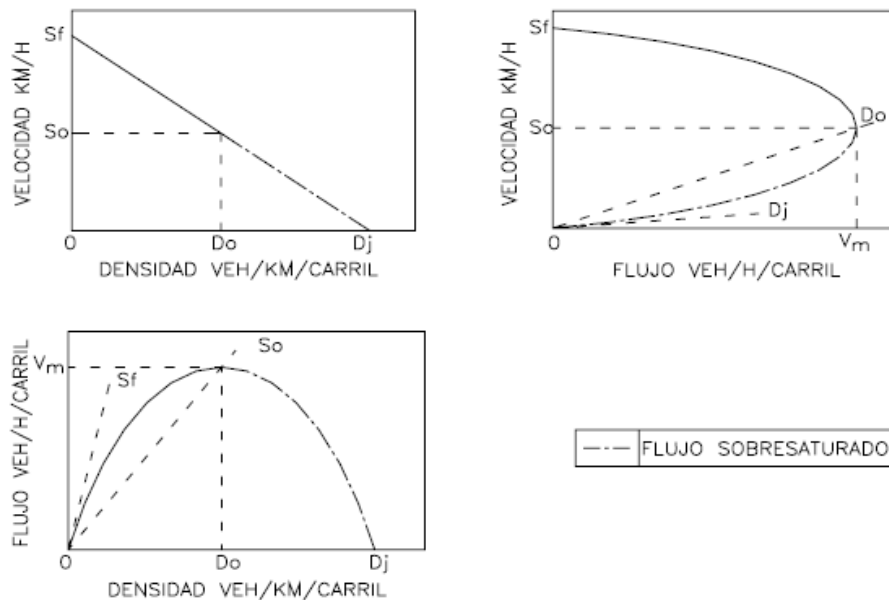


Figura 1.5 Relación entre los tres parámetros básicos

Fuente: (Cal y Mayor R, 2007)

La forma de estos gráficos depende del tránsito prevaleciente y las condiciones de la carretera del segmento bajo estudio.

Se debe notar que las curvas calibradas para vías específicas pueden ser discontinuas, cercanas a la capacidad.

La gráfica de velocidad – densidad es usada mayormente para trabajos teóricos, y las otras dos gráficas son usadas para definir el nivel de servicio. *Figura 1.5*

Según con lo descrito anteriormente, el valor de flujo vehicular ocurre bajo dos condiciones muy diferentes:

1. Cuando no hay vehículos en la vía, la densidad es cero y el valor de flujo es cero. La velocidad es teórica para esta condición y podrá ser cualquier velocidad que seleccionara el primer conductor, la cual se presume que sea alta.
2. Cuando la densidad sea tan alta que todos los vehículos se detengan (la velocidad es cero), el valor de flujo será cero, porque no hay movimiento y los vehículos no podrán pasar por una intersección.

1.6.2 Flujo No Constante

La circulación discontinua es mucho más compleja que la circulación continua, ya que está sujeta a puntos de operación determinados, como por ejemplo, los semáforos, señales de alto y señales de ceda el paso.

1. El concepto de “Tiempo de Verde”, en las intersecciones SemafORIZADA

El recurso más importante que se usa para la interrupción de la circulación es el semáforo, en ellos la circulación en cada movimiento o grupo de movimientos es periódicamente detenida.

Solo el tiempo durante el cual el semáforo esta en verde es el disponible para el movimiento, así el movimiento de un grupo de carriles está dado por una porción de tiempo total. (HCM, 2000)

2. El valor de flujo de saturación y los tiempos perdidos en las intersecciones semaforizadas.

Se debe considerar la dinámica de inicio y continuación de la cola de vehículos cuando se tiene el tiempo de verde, en la figura 1.6, se ilustra una cola de vehículos detenidos en un semáforo. Cuando el semáforo cambia a luz verde, los vehículos empiezan a moverse, los espacios en tiempo entre vehículos pueden ser observados cuando crucen la línea de la orilla de la vereda de la intersección.

Primer vehículo: experimenta un tiempo desde que ve el conductor el color verde, reacciona al cambio quitando su pie del freno y acelera al pasar por la intersección.

Segundo vehículo: el tiempo de acción – reacción, puede ocupar parte del tiempo en que el primero empieza a moverse y podrá moverse más rápido por tiene una mayor longitud de aceleración, por lo tanto, el espacio en tiempo es menor, de dicha manera se continua con los siguientes N vehículos (*Figura 1.6*) hasta que se logra un movimiento uniforme de ellos hasta el último vehículo de la cola.

El espacio en tiempo para estos últimos será relativamente constante.

En la Figura 1.6, este espacio en tiempo es denominado como “h” y se alcanza después de “N” vehículos.

“h” está definido como el espacio promedio constante entre los vehículos y sucede después del “N”, vehículo en la cola y continua hasta el último vehículo de la cola que despeja la intersección. (*Figura 1.6*)

El espacio en tiempo de saturación, es la cantidad de tiempo consumido por un vehículo en una cola, con movimiento estable, cuando pasa a través de una intersección semaforizada en verde.

Los incrementos que se producen en los primeros vehículos se les denomina “Tiempo perdidos de inicio”, estos incrementos se repiten en cada luz verde. (HighCapacityManual, 2000).

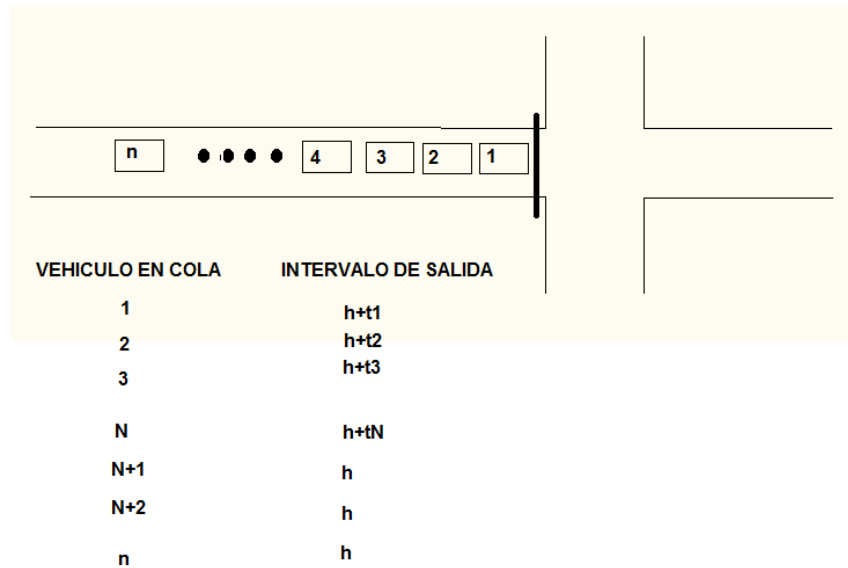


Figura 1.6 Esquema del Flujo de Saturación

Fuente: (HighCapacityManual, 2000)

Se denomina también “**Tiempo Perdido de Despeje**” cada vez que una corriente de vehículos se detiene, ya que se requiere un tiempo para despejar la intersección antes de que otra corriente de vehículos intente utilizar la intersección.

El “**valor del flujo de saturación**” es el valor del flujo por carril en el cual los vehículos pueden pasar a través de una intersección semaforizada en una cola en movimiento estable (h). *Figura 1.6*

3. La circulación en las intersecciones con señales de “Alto” y “Ceda el paso”

La capacidad, en este tipo de intersecciones depende de dos factores:

- De la distribución de los espacios entre los vehículo, en la corriente del tránsito de la calle considerada como principal.
- De la distribución de los espacios, aceptable para los conductores de la calle considerada secundaria.

En el inciso a) depende de:

- Volumen total de la calle
- Distribución direccional de la calle
- Número de carriles en la calle principal
- La pendiente del terreno
- El tipo de vehículos que este agrupado

El inciso b) depende de:

- Tipo de maniobra que tiene que realizar el vehículo
- Número de carriles de la calle secundaria
- Velocidad del tránsito en la calle principal
- Distancia de visibilidad
- Tiempo que ha estado esperando el vehículo en la calle secundaria
- Características del conductor

4. Demora

Es una medida de capacidad crítica en las vías de circulación discontinua.

La demora es un término general que puede ser interpretado para describir un número de sucesos. La demora promedio por parada es la medida más importante de eficiencia para las intersecciones semaforizadas, es la demora total que experimenta todos los vehículos en un acceso de carriles, en un periodo de tiempo dado, dividido entre el volumen total que entra a la intersección durante el mismo periodo de tiempo, expresado en segundos por vehículo. (HighCapacityManual, 2000)

Técnicas para Medir Demoras en Intersecciones

1. Método de Tiempo de Viaje

Se mide el tiempo de viaje desde un lugar antes de la intersección hasta un punto después de dicha intersección.

2. Método de Tiempo durante el cual el vehículo permanece parado

Se mide solamente las demoras durante las cuales el vehículo permanece en reposo o parado. En dicho método no se considera las reducciones de velocidad. (Vialidad.Ecuador, 2014)

El procedimiento más adecuado para la realización del método es la siguiente:

1. Se debe contar el número de vehículos que se paran en un afluente de la intersección en intervalos sucesivos.
2. Contar el volumen del afluente, incluyendo los vehículos que se detienen y los que no se detienen.

- **Demora Total de Tiempo Parado (Veh/seg)**

$$DTP = (VTP) * (IM) \quad \text{Ecuación 1.6}$$

(Vialidad. Ecuador, 2014)

Donde;

DTP= demora total de tiempo que los vehículos permanecen parados

VTP= volumen total de los vehículos que se paran en el afluente durante el muestreo

IM= Intervalo del muestreo

- **Demora Media de los Vehículos que se Pararon (seg)**

$$DMP = \frac{DTP}{VTP} \quad \text{Ecuación 1.7}$$

(Vialidad. Ecuador, 2014)

En donde, DMP = demora media de los vehículos que se paran.

- **Demora Media de Parada Para Todos los Vehículos en el Afluyente (seg)**

$$DMPT = \frac{DTP}{VT} \quad \text{Ecuación 1.8}$$

(Vialidad. Ecuador, 2014)

En dónde; DMPT= demora media de parada para todos los vehículos en el afluyente.

VT= volumen total calculado en el afluyente durante el muestreo.

- **Porcentaje de vehículos que paran (%)**

$$\%VP = \left(\frac{VTP}{VT} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 1.9}$$

(Vialidad. Ecuador, 2014)

Donde; %VP= porcentaje total de los vehículos que se paran durante el muestreo.

Tiempos de Viaje

Para observar la eficiencia de los diferentes sistemas de tránsito se evalúa en términos de velocidad de los vehículos.

Se utiliza la velocidad media en una vía que es la velocidad media de viaje, y se calcula como la distancia de viaje dividida por el tiempo promedio de viaje de varios viajes sobre la vía en estudio.

La finalidad de realizar el análisis o estudio de los tiempos de viaje y demoras es para valorar la calidad del movimiento de tránsito a lo largo de la vía determinada.

(Vialidad. Ecuador, 2014)

La eficiencia del flujo de tránsito se mide en función de las velocidades de viaje y recorrido.

El tiempo de viaje es el tiempo que dura un vehículo para transitar por un segmento de vía.

Las *velocidades de viaje* se calculan a partir del tiempo de recorrido mediante la fórmula siguiente:

$$S = \frac{60D}{T}$$

Ecuación 1.10

(Vialidad. Ecuador, 2014)

Dónde:

S= velocidad de viaje (kph)

D= longitud de la vía en estudio (km)

T= tiempo de viaje (min)

La *velocidad media de viaje* se puede calcular usando la ecuación siguiente:

$$S = \frac{60ND}{\sum T}$$

Ecuación 1.11

(Vialidad. Ecuador, 2014)

Dónde:

S= velocidad de viaje (kph)

D= longitud de la vía en estudio (km)

T=tiempo de recorrido (min)

N=número de viajes de prueba

1.6.3 Relación entre la demanda vehicular y la oferta vial

Con el propósito de entender los problemas de tránsito, es importante realizar una interpretación de manera gráfica de los elementos que la originan: la demanda vehicular y la oferta vial.

Para observar si la operación vehicular se da en condiciones de flujo estable saturado, es necesario comparar estos dos elementos. De esta manera, la oferta vial o capacidad máxima de vehículos que finalmente pueden desplazarse o circular en dicho espacio físico.

Demanda Vehicular (q): cantidad de vehículos que requieren desplazarse por un sistema vial.

Se entiende que dentro de la demanda vehicular se encuentran aquellos vehículos que están sobre el sistema vial.

Oferta Vial (c): Representa el espacio físico (calles y carreteras). De esta manera constituye la cantidad máxima de vehículos que finalmente pueden desplazarse o circular por dicho espacio.

La Figura 1.7, muestra de manera gráfica, la variación de la demanda vehicular (q) a través de las horas del día en una sección transversal de una calle comparada con su capacidad (c).

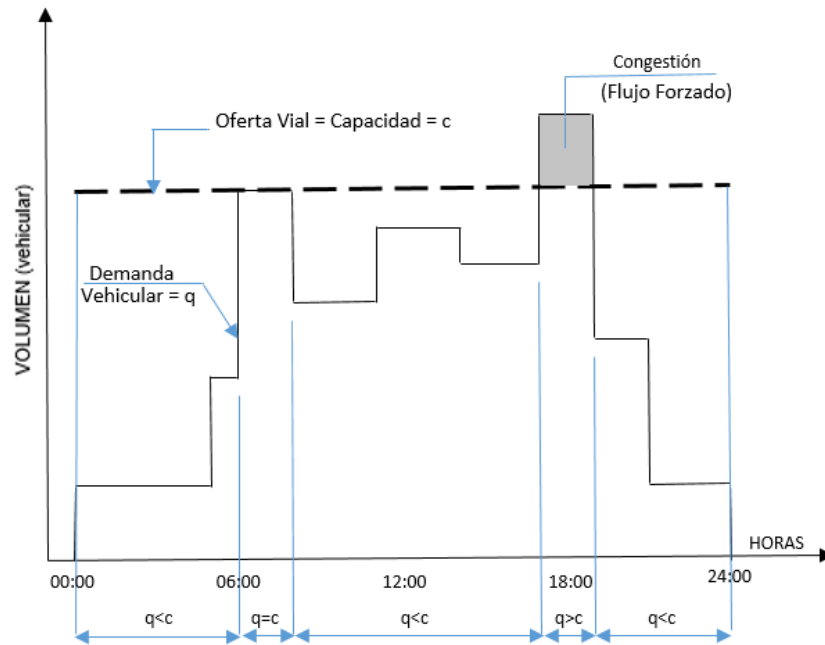


Figura.1.7 Comparación entre la demanda vehicular y la oferta vial en una zona urbana
Fuente: (Cal y Mayor R, 2007)

La demanda es generada por los vehículos que circulan y los que acceden a los lotes adyacentes a las calles según su densidad de edificación. La oferta vial es caracterizada por su capacidad con base en el número de carriles y las velocidades de desplazamiento.

Si:

Demanda vehicular < oferta vial, se obtiene un flujo no saturado y los niveles de operación desde excelente a aceptable.

Demanda vehicular = oferta vial, se llega a la capacidad del sistema y el tránsito es inestable pudiendo llegar a existir congestión.

Demanda vehicular > oferta vial, el flujo es forzado, existen demoras y alto nivel de congestión. *Figura 1.7*

1.6.4 Factores que Intervienen en el problema de la Congestión Vehicular

Las pequeñas y grandes ciudades dependen de los sistemas de vialidades que poseen, ofreciendo así diferentes servicios de transporte, muchas de las veces estos sistemas tienen que trabajar por encima de su nivel de capacidad esto se debe porque tienen que

cumplir o satisfacer el tránsito de vehículos, tránsito comercial, público, etc. (Cal y Mayor R, 2007)

Es así como se producen problemas de tránsito y da lugar a la congestión vehicular, lo cual se puede medir en términos de congestión.

A continuación se enumeran cinco factores que pueden incrementar la congestión vehicular y por lo tanto se puede partir de estas causas para un intento de solución.

- Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad.
- Superposición del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.
- Falta de planificación en el tránsito.
- El automóvil no considerado como una necesidad pública.
- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.

1.7 Niveles de Servicio

Los niveles de servicio se pueden definir como una medida cualitativa que describe condiciones de flujo de vialidad y su relación con motoristas y pasajeros. Dichas condiciones de viabilidad se describen en relación a variables como velocidad, tiempo de recorrido, comodidad, seguridad vial, la libertad de maniobra, etc.

1.7.1 Tipos de Niveles de Servicio

Para cada tipo de vía y un mejor procedimiento de análisis se delimitan seis niveles de servicio, a los cuales corresponden las letras desde la A hasta la F, siendo el nivel A la mejor condición de circulación y llegando al nivel F como la peor condición de circulación. (HighCapacityManual, 2000)

Nivel de servicio A

Representa una circulación libre. Los usuarios no se ven afectados en su circulación por la presencia de otros en la vía, por lo tanto tienen libertad para seleccionar sus velocidades y para maniobrar dentro del tráfico. Este nivel genera comodidad y beneficio para la circulación. (HighCapacityManual, 2000).



Figura 1.8 Nivel de Servicio A

Fuente: Autores

Nivel de servicio B

Este nivel aún se encuentra dentro del flujo de circulación estable, es decir a pesar de tener presencia de otros vehículos en el tránsito, se puede aún seleccionar las velocidades pero ya existe restricción para maniobrar dentro del tráfico. La comodidad y beneficio disminuye.



Figura 1.9 Nivel de Servicio B

Fuente: Autores

Nivel de servicio C

Este nivel todavía se encuentra dentro del flujo estable, pero la selección de velocidad es interferida por otros y la maniobrabilidad en la circulación requiere de vigilancia por parte del usuario. La comodidad y beneficio disminuye notablemente.



Figura 1.10 Nivel de Servicio C
Fuente: Autores

Nivel de servicio D

Este nivel aun es estable aunque la circulación se encuentra restringida. La velocidad y maniobrabilidad están limitadas, por ende la comodidad y beneficio tienen un nivel bajo. Los incrementos de vehículos en la vía ocasionan problemas en el tráfico.



Figura 1.11 Nivel de Servicio D
Fuente: Autores

Nivel de servicio E

Este nivel está dentro del límite de su capacidad. La velocidad de todos los usuarios es reducida y se mantiene constante, mientras que la maniobrabilidad dentro de la circulación es difícil. La comodidad y beneficio dentro de la circulación son casi nulos, es aquí donde se genera frustración entre los ocupantes de la vía. Además la circulación es inestable produciéndose colapsos en el tráfico.



Figura 1.12 Nivel de Servicio E
Fuente: Autores

Nivel de servicio F

Este nivel representa condiciones de circulación de flujo vehicular máximo. Es decir el número de vehículos es más grande del número máximo que puede circular por una vía. En esos lugares se forma tráfico cuya característica es la existencia de paradas y arranque. Es un nivel críticamente inestable. (HighCapacityManual, 2000)



Figura 1.13 Nivel de Servicio F
Fuente: Autores

En la siguiente figura 1.14 se indica los niveles de servicio, expresados en función de la velocidad-intensidad. Por lo tanto se puede obtener que ha mayor intensidad de tráfico menor será la velocidad de circulación, hasta llegar a la capacidad de vía en el nivel E, es decir cuando la intensidad de tráfico es máxima. (LuisBañónBlázquez, 2014)

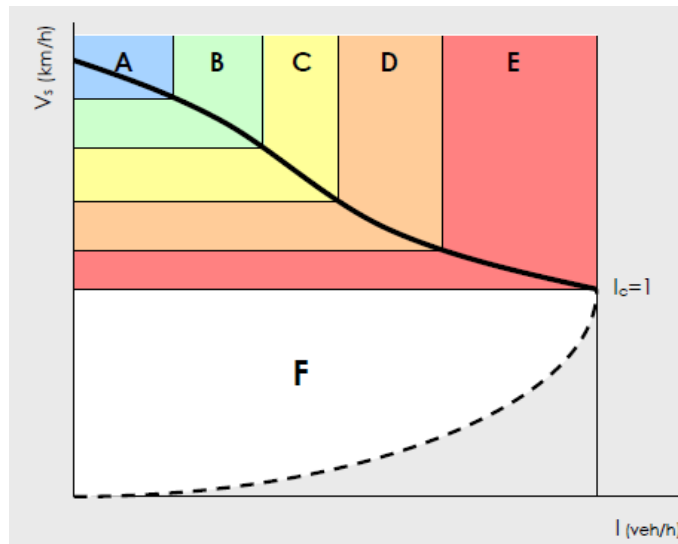


Figura 1.14 Representación de los niveles de servicio en el diagrama velocidad - intensidad
Fuente: (LuisBañónBlázquez, 2014)

Para el cálculo de las intensidades de servicio, es necesario realizar el cálculo a lapsos de quince minutos en horas pico, para ello se aplica el FHP (Factor de Hora Pico) a la intensidad medida durante la hora pico (IHP), a continuación se expresa la fórmula:

$$I = \frac{IHP}{FHP} \quad \text{Ecuación 1.12}$$

(LuisBañónBlázquez, 2014)

Para determinar el factor de hora pico empíricamente, se aplica la siguiente:

Intensidad (veh/h)	FHP
0 – 100	0.83
100 – 200	0.87
200 – 300	0.90
300 – 500	0.91
500 – 700	0.92
700 – 1000	0.93
1000 – 1400	0.94
1400 – 1900	0.95
1900 -	0.96

Tabla 1.4 Factor de Hora Pico
Fuente: (LuisBañónBlázquez, 2014)

1.8 Calles Urbanas

Se analiza el flujo urbano en relación con su entorno, con la interacción entre vehículos y el efecto producido por los semáforos. También se estudia dentro de la circulación urbana los niveles de servicio en relación con la velocidad de circulación.

1.8.1 Características del Flujo Urbano

La circulación de vehículos y la capacidad de unas calles urbanas se encuentra determinada por tres factores que son: el entorno urbano, la interacción entre vehículos y el efecto de los semáforos.

Entorno urbano

En este aspecto la velocidad deseada por el conductor se ve afectada, es decir la velocidad máxima a la que un conductor desearía viajar bajo una serie de condiciones del entorno, es aquí en donde se incluye factores como el número y anchura de carriles, características geométricas de la vía, existencia de estacionamiento, etc.

La interacción entre vehículos

La velocidad a la que viaja un vehículo se ve afectada por la presencia de otros vehículos. Por lo tanto la velocidad media de un automóvil sobre una carretera es generalmente inferior a la deseada por el conductor. En este factor se ve determinado por características como densidad del tráfico, la proporción de autobuses y camiones, los movimientos de giro, etc.

El efecto de los semáforos

El funcionamiento de semáforos reduce la calidad del flujo de circulación, obliga a los vehículos a detenerse y a permanecer parados. La duración de la parada depende principalmente del tiempo de rojo, de la cantidad de vehículo que llega a verde y del volumen de circulación.

1.8.2 Niveles de Servicio Urbanos

Los niveles de servicio dentro de la ciudad se encuentran relacionados con la velocidad media de recorrido para el tramo en análisis. Es aquí en donde intervienen el número de semáforos por kilómetro y por la demora media en intersecciones.

Los niveles de servicio urbanos pueden disminuir notoriamente debido a factores como: el ciclo semafórico inadecuado, una progresión deficiente o un incremento en la circulación.

1.9 Intersecciones

Según (NicholasJ. Garber, 2005) Describe a una intersección como “Un área común entre dos o más caminos, cuya función es la de poder cambiar la dirección de ruta”.

La complejidad de las intersecciones varían de acuerdo al número de caminos que se intersectan entre sí, siendo la intersección más simple la que cruzan dos caminos, y la más compleja en la que se intersectan tres o más caminos. (NicholasJ. Garber, 2005)

1.9.1 Intersecciones Semaforizadas

Tienen ciclos semafóricos donde el conductor se limita a obedecer la señalización, esto tiene un efecto importante sobre el desempeño operativo. Se presenta el procedimiento para determinar la capacidad y el nivel de servicio de las intersecciones señalizadas.

1.9.1.1 Semáforos

Según (Cal y Mayor R, 2007) los semáforos son todos los aparatos eléctricos de señales luminosas generalmente de color rojo, verde y amarillo que son reguladores del tránsito en las calles y vías.

También un semáforo puede ser definido como un elemento cuya finalidad es regular dos o más calles, de modo que el desarrollo vehicular se realice de forma ordenada y sin conflictos. (PedroDomingo, 2009)

La función que tiene el semáforo en el control de una intersección es proveer el paso alternativo a los diferentes grupos de vehículos y de igual manera a los peatones, con la finalidad que estos pases a través de la intersección con el menor problema posible, riesgos y demoras.

Para describir las operaciones semafóricas es importante definir los siguientes términos:

1. **Semáforos no accionados por el tránsito:** el ciclo, la secuencia y la duración de intervalos son invariables y están definidos por algún sistema en general.
2. **Semáforos accionados por el tránsito:** este tipo de semáforo proporciona conteo automáticos del tránsito y combina de manera directa las indicaciones de fase a los controladores locales.
3. **Totalmente accionados por el tránsito:** la duración de cada fase y su orden depende directamente del tránsito que usa la intersección.
4. **Parcialmente accionados por el tránsito:** disponen de medios para ser accionados en uno o más accesos. (NicholasJ. Garber, 2005)

Parámetros para el Control de los Semáforos

Ciclo: Es una secuencia completa de indicaciones de un semáforo.

Duración de ciclo: es el tiempo total que requiere el semáforo para completar un ciclo, generalmente se expresa en segundos, y la representación es con la letra C.

Representa el tiempo que transcurre desde el inicio del color verde hasta el final del color rojo.

Fase de Señal: es la parte de un ciclo que determina a un flujo vehicular, que puede tener una o dos combinaciones de flujos vehiculares.

También se le denomina como una parte de la duración del ciclo durante la cual no cambian los colores

Intervalo: El periodo de tiempo en la cual todas las indicaciones permanecen constantes.

Tiempo de cambio: Son los intervalos amarillo y rojo, que permiten evacuar la intersección. Generalmente se mide en segundos.

Tiempo de verde: El tiempo de una fase que da una indicación.

Tiempo perdido: Es el tiempo cuando la intersección no es utilizada por ningún movimiento, pueden ocurrir durante el cambio de intervalos o al inicio de cada fase.

Tiempo verde efectivo: Es el tiempo disponible para los movimientos requeridos.

Proporción verde: Es la proporción entre el verde efectivo y la duración del ciclo.

Rojo efectivo: Es el tiempo en el cual no se permite circulación. (NicholasJ. Garber, 2005)

1.9.1.2 Capacidad y Nivel de servicio

La capacidad en una intersección se define para cada acceso, siendo la máxima intensidad de circulación en condiciones de tráfico, la carretera y la señalización.

La capacidad en intersecciones reguladas por semáforos está basada en el concepto de saturación e intensidad de saturación.

Los niveles de servicio en intersecciones con semáforos se van a definir en términos de demora, es decir la demora es una medida, la cual abarca aspectos como el consumo de combustible y el tiempo de viaje perdido por parte del conductor.

Según (HighCapacityManual, 2000) define a la demora como “una medida compleja que va a depender de varias variables como son: la calidad de progresión, la duración del ciclo, la relación de verde y la relación entre la intensidad de circulación y la relación intensidad/capacidad”.

El procedimiento para determinar el nivel de servicio de una intersección semaforizada es de la siguiente manera:

1. *Parámetros de entrada*

Se requieren datos necesarios para el análisis operacional del nivel de servicio, que se dividen en tres categorías principales: geométrico, tráfico y señalización.

- *Condiciones geométricas:* Se presenta generalmente en forma de diagrama y debe incluir toda la información pertinente, incluyendo los tipos de llegada, la anchura de los carriles.
- *Condiciones de tráfico:* Son volúmenes por movimiento, ya sea izquierdo, derecha y de frente en vehículos por hora, factor de hora de máxima demanda, y tipo de llegada.
- *Condiciones de señalización:* Se refiere a la duración del ciclo en segundos, duración de las luces verdes y amarilla.

2. *Determinación de tasa de flujo de saturación*

Una tasa de flujo de saturación para cada grupo de carril se calcula de acuerdo con la ecuación 1-3. La tasa de flujo de saturación es el flujo en vehículos por hora que pueden ser acomodados en un grupo carril, suponiendo que la fase verde se visualiza 100 por ciento del tiempo ($g / C = 1,0$). “En una intersección se considera en 1.900 vehículos ligeros por hora de verde y carril (vl/hv/c). Dicho flujo de saturación se verá modificada por una serie de factores ya comentados”. (LuisBañónBlázquez, 2014). ANEXO 1

$$C_R = 1.900 \times N \times f_V \times f_A \times f_P \times f_i \times f_e \times f_{bb} \times f_{gd} \times f_{gi} \times f_{ar} \quad \text{Ecuación 1.13}$$

(Luis Bañón Blázquez, José Beviá García, 2000)

Dónde:

N = Número de carriles del grupo de carriles

f_V = Factor de verde, o relación de la fase respecto al ciclo

f_A = Factor de corrección por anchura de carriles

f_P = Factor de ajuste por vehículos pesados

f_i = Factor de corrección por inclinación

f_e = Factor de corrección por efecto del estacionamiento

f_{bb} = Factor de ajuste por la influencia de las paradas de autobús

f_{gd} = Factor de corrección por efecto de los giros a la derecha

f_{gi} = Factor de corrección por efecto de los giros a la izquierda

f_{ar} = Factor de corrección en función del tipo de zona urbana

3. Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad

Capacidad en las intersecciones con semáforos se basa en el concepto de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación. La relación de flujo para un grupo determinado carril se define como la relación de la tasa de flujo de demanda real o proyectada para el grupo carril (v_i) y la tasa de flujo de saturación (s_i). La relación de flujo se da por el símbolo $(v_i)_i$, por grupo carril i . La capacidad señalizada $\frac{I}{S}$ se basa en la tasa de flujo y la tasa de flujo de saturación. Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$C_i = S_i \times \left(\frac{g_i}{C}\right)$$

Ecuación 1.14

(HighCapacityManual,
2000)

Dónde:

C_i = Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)

S_i = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/h. verde)

g_i = Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verdes)

$C =$ Relación de verde efectivo para el grupo de carriles i

La relación volumen a capacidad $(v/c)i$, con el símbolo X_i en el análisis de una intersección. ANEXO 1

$$X_i = \left(\frac{v}{c}\right) i$$

Ecuación 1.15
(HighCapacityManual,
2000)

4. Determinación de demoras

Se puede medir la demora en un carril o grupo de carriles, el cual es un proceso difícil, de tal manera se obtiene un modelo predictivo para la estimación de la demora. Todos los resultados obtenidos en la determinación de ajuste de volúmenes, flujo de saturación y el análisis de capacidad, se unen para determinar la demora promedio por vehículo en cada grupo de carril. Se calcula como:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

Ecuación 1.16
(HighCapacityManual,
2000)

El factor de ajuste (PF) es la coordinación efectiva de la demora uniforme, por lo tanto se ajusta solo a d_1 ,

La demora uniforme asume una llegada uniforme (d_1), la tasa de flujo uniforme y sin cola inicial. La fórmula para la demora uniforme es:

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$$

Ecuación 1.17
(HighCapacityManual,
2000)

En la siguiente ecuación de la demora incremental (d_2), se usa para estimar la demora debido al incremento de llegadas no uniformes y errores de ciclo temporales.

$$d_2 = \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 k I X}{c T}} \right] \quad \text{Ecuación 1.18}$$

(HighCapacityManual, 2000)

Donde, T= la duración del período de análisis (0.25h), k= factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones. k= 0.50 para intersecciones prefijadas, I= factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba, estos valores se obtienen en función del valor X_i . ANEXO 1

5. Determinación del nivel de servicio

LOS está directamente relacionado con el control de demoras por vehículo. Una vez obtenida la demora para cada grupo de carriles y agregada para cada acceso y para la intersección como un todo, se procede a determinar el nivel de servicio. Tabla 1.5.

LOS	Demora por control (seg/veh)	Descripción General
A	≤10	Flujo Libre
B	>10 – 20	Flujo Estable (pequeños retrasos)
C	>20 – 35	Flujo estable (retrasos aceptables)
D	>35 – 55	Cerca de flujo inestable (retardo tolerable)
E	>55 – 80	Flujo inestable (retraso intolerable)
F	>80	Flujo forzado (atascado)

Tabla 1.5 Niveles de servicio en función de la demora
Fuente: (HighCapacityManual, 2000)

1.9.1.3 Tipos de llegada en los accesos de las intersecciones

Se determinan los términos del tipo de vehículos que llegan a la intersección, se identifican seis tipos de llegadas.

Tipo 1: Es un pelotón denso que llega al inicio de la fase de luz roja, representa una condición de llegada más adversa.

Tipo 2: Un pelotón denso que llega a la mitad de la fase de luz roja, o un pelotón que llega disperso que llega durante la fase de luz roja, se considera desfavorable.

Tipo 3: Son pelotones muy dispersos (llegada aleatoria), con beneficios mínimos de avance, se presentan en intersecciones aisladas.

Tipo 4: Puede ser un pelotón moderadamente denso, que llega a la mitad de la fase de luz verde o un grupo disperso que llega durante la totalidad de la fase de luz verde, es una condición favorable.

Tipo 5: Un pelotón denso que llega al inicio de la fase de luz verde, es la mejor condición de llegada.

Tipo 6: Un pelotón denso que avanza a través de varias intersecciones cercanas con muy poco tránsito proveniente de las calles laterales, es una calidad excepcional de avance. (HighCapacityManual, 2000)

<i>Tipo de Llegada</i>	<i>Rango de razón de Grupo (R_p)</i>	<i>Valores Prefijados (R_p)</i>	<i>Calidad de progresión</i>
1	= 0.5	0.333	Muy Pobre
2	> 0.5 y = 0.85	0.667	Desfavorable
3	> 0.85 y = 1.15	1.000	Llegadas aleatorias
4	> 1.15 y = 1.50	1.333	Favorable
5	> 1.50 y = 2	1.667	Altamente Favorable
6	> 2	2.000	Excepcional

Tabla 1.6 Relación entre el tipo de llegada y razón de grupo (R_p)

Fuente: (HighCapacityManual, 2000)

1.9.2 Intersecciones No SemafORIZADA

Según (Bull, Congestión de Tránsito: El Problema y cómo enfrentarlo, 2003) los datos iniciales que se necesitan para la metodología de las intersecciones no semaforizadas son: una descripción detallada de la geometría, tipo de regulación y de los diferentes volúmenes existentes en la intersección.

Entre los factores geométricos se pueden mencionar:

1. Número y utilización de carriles.
2. Canalizaciones de movimientos.
3. Inclinação de la calzada.
4. Radios de las veredas.
5. Distancias de visibilidad.

1.9.2.1 Tráfico conflictivo

En una intersección sin semáforos la secuencia de movimientos es comparativamente complicada. Dichos movimientos complejos se presenta en el siguiente cálculo:

$$Q_{ci} = \text{el "volumen conflictivo" para el movimiento } i$$

La interpretación de la formula anterior nos dice que el volumen total que entra en un conflicto con un movimiento i , es expresado en vehículos por hora.

En la siguiente tabla se ilustra la definición y evaluación de los volúmenes de tráfico conflictivo, en donde se expresa giros a la derecha desde una calle principal. (HighCapacityManual, 2000)

Movimiento	Tráfico conflictivo	Croquis
GIRO A LA DERECHA Desde la calle secundaria	$\frac{1}{2}(Q_d) \dots + Q_r$	
GIRO A LA IZQUIERDA Desde la calle principal	$Q_d \dots + Q_r$	
MVTO. DE FRENTE O RECTO Desde la calle secundaria	$\frac{1}{2}(Q_{da}) \dots + Q_{ra} + Q_{ia}$ $+ Q_{db}$ $+ Q_{rb}$ $+ Q_{ib}$	
GIRO A LA IZQUIERDA Desde la calle secundaria	$\frac{1}{2}(Q_{da}) \dots + Q_{ra} + Q_{ia}$ $+ Q_{db} \dots$ $+ Q_{rb}$ $+ Q_{ib}$ $+ Q_o$ $+ Q_{od}$	

Tabla 1.7 Definición y evaluación de los volúmenes de tráfico conflictivo

Fuente: (HCM, 2000)

1.9.2.2 Longitud crítica de los intervalos

El término intervalo crítico está definido como el intervalo medio de tiempo entre dos vehículos continuos que se encuentran circulando en una flujo de circulación en una calle principal. A este término se le designa por la letra T_e y viene expresado en segundos. (HighCapacityManual, 2000)

El intervalo crítico se encuentra en función de ciertos factores que se mencionan a continuación:

- El tipo de maniobra que se realiza.
- El tipo de regulación de la calle secundaria (STOP, CEDA EL PASO)
- La velocidad media de recorrido en la calle principal
- El número de carriles de la calle principal
- Las condiciones geométricas y de desarrollo urbano del entorno de la intersección.

Efectos de la impedancia.

La impedancia afecta únicamente a los vehículos que se encuentran circulando por la calle secundaria. En ningún aspecto la impedancia afecta a la circulación de la calle principal.

Para el cálculo del impacto de la impedancia se obtiene de multiplicar la capacidad potencial del movimiento obstaculizado C_{pf} por una serie de factores de impedancia P_j , uno por cada movimiento j que obstaculice. En la siguiente figura se observa los cálculos de la impedancia. (HighCapacityManual, 2000)

1. Movimiento de giro a la izquierda desde la calle secundaria en una intersección en T.

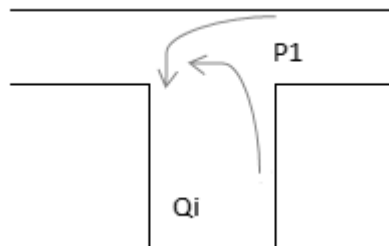


Figura 1.15 Esquema de cálculo de la impedancia
Fuente: (HighCapacityManual, 2000)

La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$C_{mi} = C_{pi} * P1$$

Ecuación 1.19

(HighCapacityManual, 2000)

2. Movimiento de frente desde la calle secundaria en una intersección en cruz.

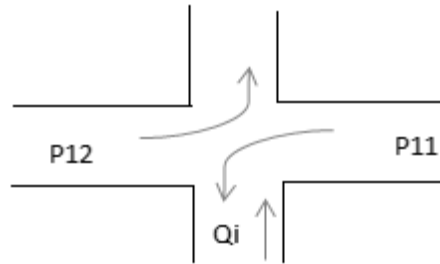


Figura 1.16 Esquema de cálculo de la impedancia

Fuente: (HighCapacityManual, 2000)

La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$C_{mi} = C_{pi} * P11 * P12$$

Ecuación 1.20

(HighCapacityManual, 2000)

3. Movimientos de giro a la izquierda desde la calle secundaria en una intersección en cruz

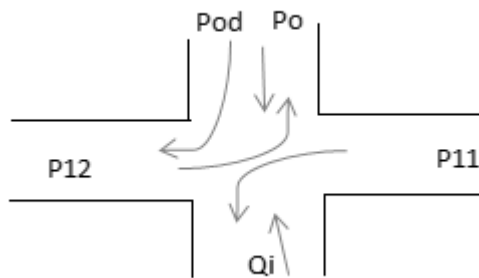


Figura 1.17 Esquema de cálculo de la impedancia

Fuente: (HighCapacityManual, 2000)

La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$C_{mi} = C_{pi} * P11 * P12 * P0 * Pod \quad \text{Ecuación 1.21}$$

(HighCapacityManual, 2000)

1.10 Estudio de Volumen de Transito

1.10.1 Volúmenes de Transito Absolutos o Totales

Según la duración de un tiempo determinado, se puede tener los siguientes volúmenes de transito:

1. Transito Anual (TA)

Es el número total de vehículos que pasan durante un año, para este caso, T=1 año

Se utiliza para estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras, de igual manera para indicar las variaciones y tendencia de los volúmenes de tránsito.

2. Transito Mensual (TM)

Es el número total de vehículos que pasan durante un mes, para este caso T= 1 mes

3. Transito Semanal (TS)

Es el número total de vehículos que pasan durante una semana, para este caso T= 1 semana. (Cal y Mayor R, 2007)

1.10.2 Volúmenes de tránsito promedios diarios

1. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad \text{Ecuación 1.22}$$

(Cal y Mayor R, 2007)

2. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{30}$$

Ecuación 1.23

(Cal y Mayor R, 2007)

1.10.3 Cálculos del TDPA

1. TDPA – Transito Diario Promedio Anual

Es el promedio de conteos de 24 horas que se realiza todos los días del año.

También se usan los TDPA para hacer un estudio o un análisis de tránsito y de transporte para:

- Para el desarrollo de los programas de mejora y mantenimiento de las redes viales de las vías urbanas.
- Estimación de la factibilidad económica de los proyectos que se pretenden realizar en las carreteras o redes viales.
- Establecer las tendencias de los volúmenes de tránsito. (NicholasJ. Garber, 2005)

Se puede expresar de la siguiente manera:

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Ecuación 1.24

(NicholasJ. Garber, 2005)

2. TDP - Transito Diario Promedio

Es el promedio de todos los conteos que se realizan en un tiempo de 24 horas en un número de días que sean mayores que 1, pero al mismo tiempo que sea menor que un año.

Los TDP se utilizan generalmente para:

- Valoración del flujo existente en el tránsito
- Programación de las actividades de la carretera o vía.
- Medición de la demanda actual en las calles y las carreteras.

1.11 Impacto Económico

1.11.1 Costos y Subsidios de la Gasolina

1.11.1.1 Subsidios y Costos de la Gasolina a Nivel Mundial

A escala planetaria, el precio de la gasolina de Ecuador es la décimo séptima más barata, en una lista encabezada por Venezuela y Siria con un valor de 0,01 USD y 0.06 USD respectivamente y otros países productores de crudo, según cifras del Global Petrol Prices.

Según los precios de la gasolina publicado el 20 de octubre 2014 a través del Global Petrol Prices, el precio medio de la gasolina en todo el mundo es de 1.26 (USD) por litro. No hay diferencia sustancial en estos precios entre los distintos países.

Como regla general, los países más ricos tienen los precios más altos, mientras que los países más pobres y los países que producen y exportan petróleo tienen precios significativamente más bajos. Una excepción es los EE.UU., un país económicamente avanzado con los bajos precios de gasolina. Las diferencias de precios entre países se deben a los diferentes impuestos y subsidios para la gasolina.

Todos los países tienen acceso a los mismos precios del petróleo en los mercados internacionales, pero se imponen diferentes impuestos. Como resultado, los precios de la gasolina son diferentes. En algunos casos, como en Venezuela, el gobierno subsidia los precios de la gasolina y por lo tanto la gente pagan casi nada.

1.11.1.2 Subsidios y Costos de la Gasolina en Sudamérica

Ecuador es el tercer país de Sudamérica con el precio de gasolina más barato, después de Venezuela y Bolivia, debido a que el Estado mantiene un subsidio a los combustibles fósiles, cuyo beneficio mantiene un precio estable de fletes y transporte masivo, pero también implica un costo para el Estado.

Los precios de la gasolina en Venezuela es de 0.01 USD, mientras que en Bolivia el precio de la gasolina es de 0.53, dejando así al Ecuador en el tercer lugar con un precio de 0.58 USD.

1.11.1.3 Subsidios y Costos de la Gasolina en el Ecuador

En el año 2013 el subsidio a los combustibles fue de 4.539 millones de dólares del cual 1.757,53 millones de dólares corresponde a la gasolina.

En el año 2014 el subsidio a los combustibles (gasolinas, diésel, gas licuado) alcanza 4 mil 588,60 millones de dólares, de los cuales 700 millones corresponden al subsidio al gas, y para las gasolinas el subsidio es de 1.757,53 millones de dólares, este valor es ocho veces más que en el 2006 (USD 220,9 millones), según consta en las Pro formas presupuestarias de los años 2014 y del 2006.

En la actualidad un litro de gasolina cuesta en Ecuador 0,58 dólares, publicado en el índice Global Petrol Price del 22 septiembre del 2014.

1.11.2 Consumo de Combustibles de los Automóviles

En febrero de 2014 mes de la última medición de cifras petroleras del Banco Central, el país consumió 1,53 millones de barriles de gasolina extra y en enero de este año 1,59 millones de barriles.

En el caso de la gasolina, para atender la demanda nacional, el gobierno nacional importa más del 60% de este producto; igualmente la compró a precio internacional y la vendió al público en el mercado nacional a precio subsidiado, es decir, en USD 2.00 el galón de gasolina SUPER y en un USD 1.48 el galón de gasolina EXTRA.

En el período 2007-2013, el costo de importación de un galón de gasolina de alto octano fue el siguiente: en el 2007 fue de USD 2.19, en el 2008 fue de USD 2.59, en el 2009 fue de USD 1.89, en el 2010 fue de USD 2.34, en el 2011 fue de USD 3.14, en el 2012 fue de USD 3.43 y en el 2013 fue de USD 3.14 el galón de gasolina de alto octano.

En el período 2007-2013, el régimen de la revolución ciudadana importó aproximadamente 74 millones de barriles de este combustible a un costo de USD 8.677 millones, (1 barril contiene 42 galones, lo que equivale a 3'108.000.000 galones a 8.677 millones.) y al venderse este producto en el mercado nacional a precio subsidiado, es decir, en USD 2.00 el galón de gasolina de alto octano, el Estado perdió USD 2.519 millones en la comercialización de este producto.

1.11.3 Método de Medición de Consumo de Combustible

Luego de tener claramente definidos los parámetros para las pruebas en los vehículos se procede a establecer un método de medición de consumo de combustibles.

Análisis de datos de tiempo en pruebas

Se deben registrar los datos de tiempo de cada trayecto. El método de análisis y validación de tiempos responde al criterio de repetitividad y se expresa en que, para obtener una vuelta válida, el tiempo para cada trayecto debe encontrarse dentro del rango de $\pm 0,5\%$ del tiempo promedio de los trayectos. (NormaSAEJ1321:2012, 2012)

1. Una prueba se compone de un segmento inicial y de un segmento de prueba. Cada segmento inicial y cada segmento de prueba, se componen de un mínimo de tres trayectos.

Un trayecto, es un circuito completo de la ruta de prueba realizado.

2. Todos los resultados obtenidos en las pruebas, se deben presentar en un formato definido, con su análisis estadístico, con la descripción de configuración del vehículo.
3. Los resultados de la prueba serán válidos, solo para la configuración del vehículo, la condición de prueba y el ciclo de trabajo, de acuerdo a la forma en que se realizó esa prueba.
4. Todos los vehículos se deben operar a velocidad es y en superficies de carretera idénticas
5. Se debe realizar la prueba cuando la temperatura ambiente del aire durante un trayecto sea entre 4°C y 35°C. (NormaSAEJ1321:2012, 2012)

Los cuatro requisitos siguientes, deben ser aplicados a este procedimiento, para asegurar la validez del resultado de la prueba:

- a) Las rutas de prueba y el peso de carga deben ser representativas de una operación real.
- b) Hacer solo una prueba no es concluyente, independiente de los resultados. Realizar solo una prueba debe ser tomada como un indicador. Los resultados deben ser repetibles para tener validez.
- c) Al medir más variables los resultados serán más confiables.
- d) Todos los procedimientos o métodos de prueba son precisos dentro de los límites establecidos. (NormaSAEJ1321:2012, 2012)

Si para una prueba, el valor del intervalo de confianza es mayor o igual al valor nominal de la prueba, según lo determinado por el resultado del análisis estadístico, se recomienda que se realicen trayectos adicionales para disminuir el valor del intervalo de confianza a uno menor que el valor nominal de la prueba.

Por ejemplo, si el resultado de la prueba es un valor nominal de 3% \pm un valor de intervalo de confianza de 4%, los trayectos adicionales pueden reducir el intervalo de confianza a un valor menor que el valor nominal. (NormaSAEJ1321:2012, 2012)

1.11.4 Combustibles

Se llama combustible a toda sustancia natural o artificial, que se puede presentar en estado sólido, líquido o gaseosa que, combinada con el oxígeno produzca una reacción con desprendimiento de calor.

1.11.4.1 Propiedades de los Combustibles

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos incoloros, volátiles y fácilmente inflamables, que contiene propiedades detonantes no adecuadas, por esta razón es sometida a diversos tratamientos como el craqueo para estabilizar sustancias, mejorar sus propiedades físicas y químicas.

Las propiedades más importantes son las siguientes:

1. Resistencia a la detonación
2. Volatilidad
3. Poder calorífico
4. Aditivos
5. Densidad

1.11.4.2 Clases de Combustión

Combustión Completa

Se oxida completamente el combustible (no existe residuos de combustible)

Combustión Incompleta

Se da cuando no se combustiona completamente el combustible (se producen residuos como el CO)

Combustión Estequiométrica

Es cuando se una combustión con la cantidad teórica de comburente estrictamente necesaria para la oxidación del combustible aportado.

Combustión con exceso de aire

Se da cuando existe una combustión con una cantidad de comburente superior a la estequiométrica.

Combustión con defecto de aire

Se da cuando existe una combustión con una cantidad de comburente inferior a la estequiométrica.

Combustión Teórica



Figura. 1.18 Combustión Teórica

Todo el Hidrógeno (H) reacciona con el Oxígeno (O₂) formando Agua (H₂O).

Todo el Carbono (C) reacciona con el Oxígeno (O₂) formando Dióxido de Carbono (CO₂).

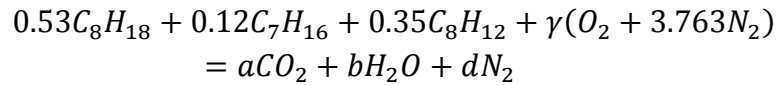
El Nitrógeno (N₂) no interviene en la reacción química (No reacciona).

Composición del aire

A Nivel del Mar

- 23 % Oxígeno
- 76 % Nitrógeno
- 1 % Contaminantes, Argón, etc

Es decir por cada partícula de Oxígeno que hay en el aire existe 3.763 partículas de Nitrógeno.



Ecuación 1.25

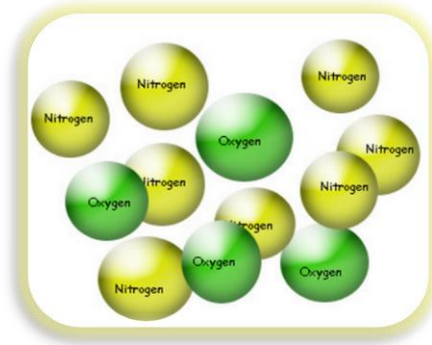


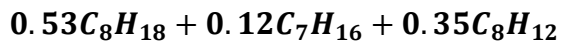
Figura. 1.19 Composición del Aire

Composición de la Gasolina

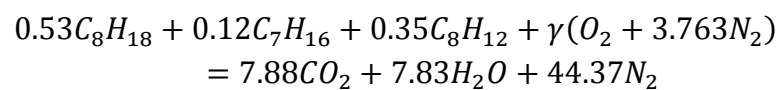
53% Isoctano C₈H₁₈

12% heptano C₇H₁₆

35% Octano C₈H₁₂



Ecuación de Combustión Teórica



Ecuación 1.26

1. Fracción molar

$$100\% = 7.88CO_2 + 7.83H_2O + 44.37N_2 = 60.08$$

$$100\% = \frac{7.88}{60.08}CO_2 + \frac{7.83}{60.08}H_2O + \frac{44.37}{60.08}N_2$$

$$100\% = 13.12CO_2 + 13.03H_2O + 73.85N_2$$

2. Si consideramos que los gases de escape se comportan como gases ideales, la fracción molar equivale a la composición en v/v



3. Sacamos el número de moles de todos los componentes

- # Moles de oxígeno = 11.84
- # Moles de nitrógeno = 44.54
- # Moles de aire = 56.38 (Es el resultado de la suma del # Moles de oxígeno y # Moles de nitrógeno)

4. AFR (Relación aire - combustible)

$$AFR = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} \quad \text{Ecuacion 1.27}$$

$$AFR = \frac{N_{aire}M_{aire}}{N_cM_c + N_{H_2}M_{H_2}}$$

$$AFR = \frac{56.38Kmol * 29 kg/Kmol}{7.93Kmol * 12 kg/Kmol + 7.82Kmol * 2 kg/Kmol}$$

$$AFR = 14.78$$

Por cada kilo de combustible se requieren 14.7 de aire.

Combustión Real

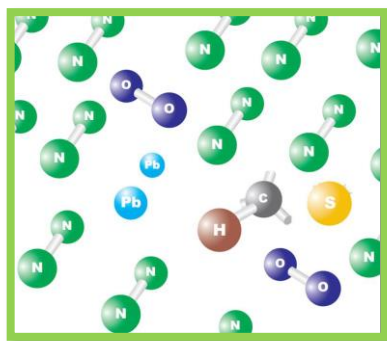


Figura 1.20 Composición del Aire

En esta combustión el combustible empleado no está totalmente puro ya que fueron contaminados con componentes químicos como el plomo, azufre, bencina esto afecta en la relación de aire - combustible y en el rendimiento del motor así contaminando más el ambiente.

SUPER: Bencina; EXTRA: Plomo; DIESEL: Azufre

- **Ventana Lambda**

Permite monitorear el comportamiento de las emisiones de gases de escape así se puede el tipo de mezcla que está quemando, también se encarga de que las condiciones de funcionamiento del catalizador sean óptimas.

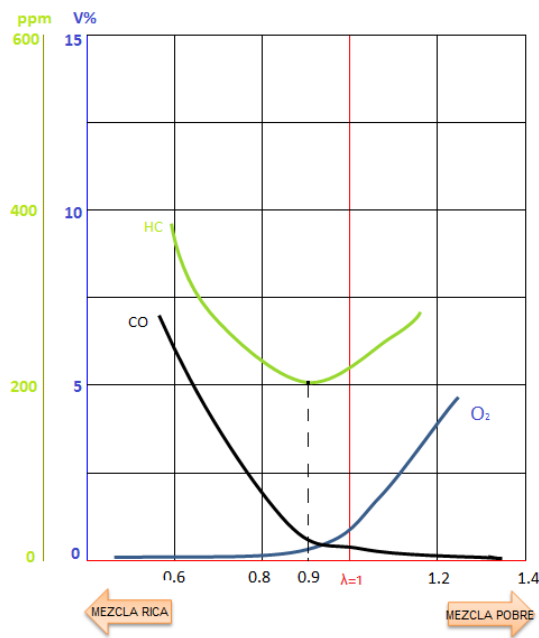


Figura 1.21 Ventana Lambda

En vehículos modernos el AFR= 14.7-14.8 y λ es próximo a 1

En la salida de gases se deben leer valores bajos de oxígeno $O_2 < 1\%$

Con una mezcla pobre los HC no pueden ser combustiónados completamente por falta de oxígeno

- **Relación de λ con Potencia y Consumo de Combustible**

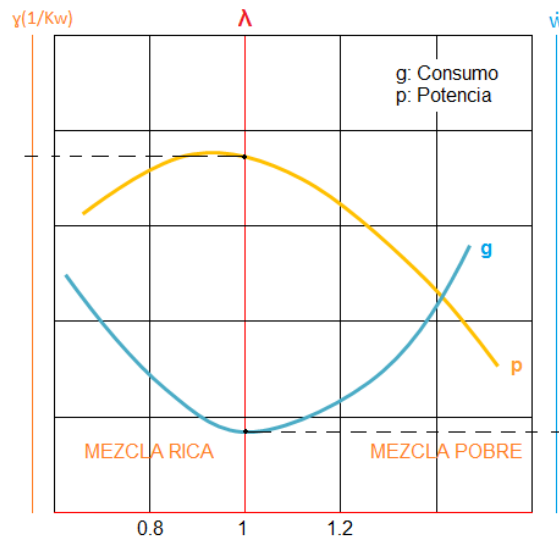


Figura 1.22 Relación de λ con Potencia y Consumo
Fuente: Autores

Como se puede ver en la figura 1.22 la potencia máxima de un motor se obtiene con una mezcla ligeramente rica, mientras que el consumo mínimo se consigue con una mezcla ligeramente pobre.

Potencia es la energía química del combustible que se transforma en energía mecánica al generar una fuerza y empujar los pistones dentro del motor. La potencia que se desarrolla un motor depende de la relación de compresión y de la cilindrada que tiene el motor.

El Consumo específico es la relación que existe entre la masa de combustible consumida por la unidad potencia entregada (generada).

El consumo de combustible depende del rendimiento térmico de la combustión. El rendimiento térmico aumenta con la relación de compresión, en el caso de los motores Diésel que tienen una mayor relación de compresión, tienen menos consumos.

1.11.3.3 Parámetros Ambientales que Influyen en la Combustión

Un motor de combustión interna se ve afectado en su combustión por diferentes medidas ambientales como por ejemplo la densidad del aire, altitud, temperatura del aire y la humedad.

1. Densidad del Aire

Es la cantidad de moléculas de oxígeno que contiene un volumen de aire en un momento dado, la densidad de aire puede verse afectado por la temperatura, altitud y otras condiciones atmosféricas.

Cuando un motor de combustión interna funciona con una relación aire/ combustible RICA es cuando existe un poco concentración de oxígeno, es decir, con una densidad del aire baja.

Los motores suministran buena potencia con el menor nivel de emisiones de escape cuando funcionan con una relación estequiometría igual a 14.7:1, 14.7 partes de aire con una de combustible.

Con cantidades diferentes a las indicadas el motor no dará toda su potencia, y de esta manera produce mayores emisiones contaminantes y a su vez tendrá alto consumo de combustible. (Scovino)

2. Temperatura ambiente

La temperatura incide directamente en la densidad del aire, cuando ésta aumenta, la densidad del aire disminuye, con bajas temperaturas la densidad aumenta.

3. Humedad

Cuando la humedad del ambiente se incrementa el octanaje requerido para el buen funcionamiento del motor disminuye, por cada gramo de agua que se le agregue a un

kilogramo de aire seco, el octanaje requerido para el buen funcionamiento del motor decrece de 0.25 a 0.35. (Scovino)

4. Altitud - Presión Atmosférica

Los motores Diésel de aspiración natural (sin turbo) pierden un 10% de potencia por cada 1000 mts, que asciendan sobre el nivel del mar, en el caso de los motores de gasolina el requerimiento de octano necesario para el motor decrece de uno a dos octanos por cada 1000 mts de ascenso sobre el nivel del mar, esto último producto de la escasez de aire y la disminución de la presión de combustión, y por ende la disminución de la potencia efectiva del motor. (Scovino)

Mientras más aumentamos nuestra altura sobre el nivel del mar menor será la densidad del aire.

También se puede mencionar que a mayor altura la concentración de gases contaminantes aumenta, ya que el volumen de oxígeno es menor y por lo tanto el consumo de combustible de igual manera será mayor comparada a la de nivel del mar.

Las líneas continuas de la figura 1.23 representan la columna isoterma a -20, -10, 0, 10 y 20°C de abajo hacia arriba respectivamente. (Magín Lapuerta)

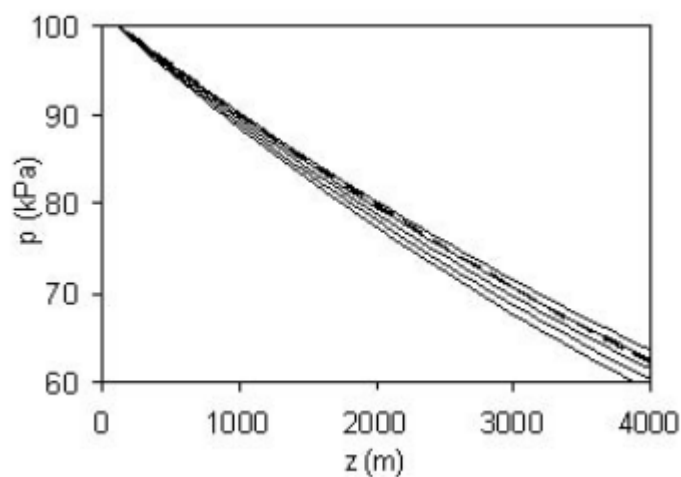


Figura 1.23 Efecto de la altitud sobre la presión atmosférica.
Fuente: (Magín Lapuerta)

Descripción de la Ciudad de Cuenca

1. Situación Geográfica de la Ciudad de Cuenca

La ciudad de Cuenca, capital de la Provincia del Azuay, está ubicada en un valle interandino de la sierra sur ecuatoriana, la provincia del Azuay cuenta con un área de 3128,80 km de las cuales 67,71 Km ocupa el área urbana de la ciudad de Cuenca.

La ciudad de Cuenca tiene una población que, según el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEC en el año 2010, es de 505 585 habitantes; el 65% reside en el área urbana y el 35% en el área rural. (Cuenca, 2011)

2. Altitud

Se describe ciertas características de la ciudad de Cuenca, la misma que está situada entre los 2.350 y 2.550 m.s.n.m.

A partir de los 1500 metros sobre el nivel del mar, la mezcla aire – combustible se vuelve rica. Con estas condiciones el motor se incrementa el consumo de combustible, de igual forma disminuye la potencia y aumenta las emisiones de hidrocarburos no combustiónados (HC) y monóxido de carbono (CO).

3. Temperatura Promedio

La ciudad de Cuenca goza de un clima típicamente templado frío, con una temperatura promedio entre “13°C y 20°C, al medio día 25°C.

La variación de la presión del aire en la ciudad tiene una influencia directa en la cantidad de oxígeno en el aire y ésta a su vez afecta a la combustión en un motor. (Cuenca, 2011)

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LOS NIVELES DE SERVICIO DE LAS VIALIDADES Y LAS DEMORAS DE TIEMPO

2.1 Introducción

En este capítulo se desarrollará una zonificación de la ciudad de Cuenca, determinando así las intersecciones que presentan mayor conflicto para la circulación vehicular. Para determinar la capacidad, los niveles de servicio y demoras en cada intersección se parten de un análisis visual, recopilando información por medio de aforos.

Para el desarrollo de este capítulo se aplicará una metodología de investigación aplicadas a las intersecciones reguladas por semáforos de acuerdo al libro (Highway Capacity Manual, 2000), estudiadas en el capítulo 1.

2.2 Zona de Análisis

La ciudad de Cuenca es la capital de la provincia del Azuay, se encuentra ubicada al sur del país y tiene una altitud comprendida entre los 2.350 y 2.550 metros sobre el nivel del mar. El área urbana de la ciudad de Cuenca tiene aproximadamente 72 kilómetros cuadrados. (ComunidadVirtualCuencanos, 2014)

Según datos del INEC del año 2010 la provincia del Azuay cuenta con 712.127 de los cuales 505.585 habitantes ocupan la ciudad de Cuenca.

En la Figura 2.1 se delimita la zona urbana de la ciudad de Cuenca para analizar el comportamiento del tráfico vehicular.

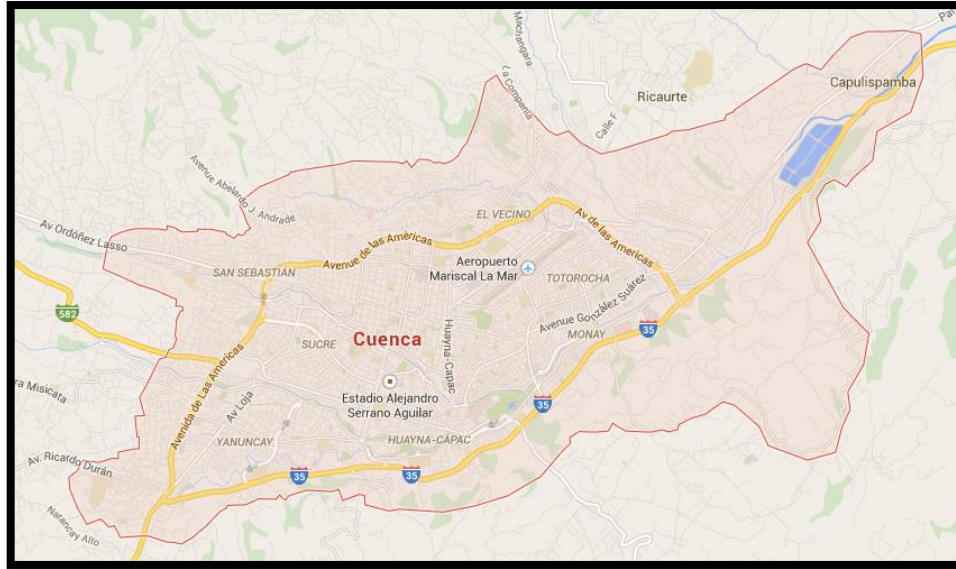


Figura 2.1. Mapa Urbano de la ciudad de Cuenca – Ecuador.
Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/place/Cuenca/>

2.3 Metodologías en las que se basa la investigación.

Para desarrollar el análisis del comportamiento vehicular en el centro histórico de Cuenca se aplicará metodologías usadas a intersecciones reguladas por semáforo.

2.3.1 Metodología de investigación aplicada a las intersecciones con semáforo

Según el libro (HighCapacityManual, 2000), para determinar el nivel de servicio de cada intersección es necesario recolectar información detallada de las condiciones de semaforización, así como la geometría de cada intersección.

Para el análisis de circulación vehicular en intersecciones reguladas por semáforo, es necesario realizar el estudio en cinco etapas:

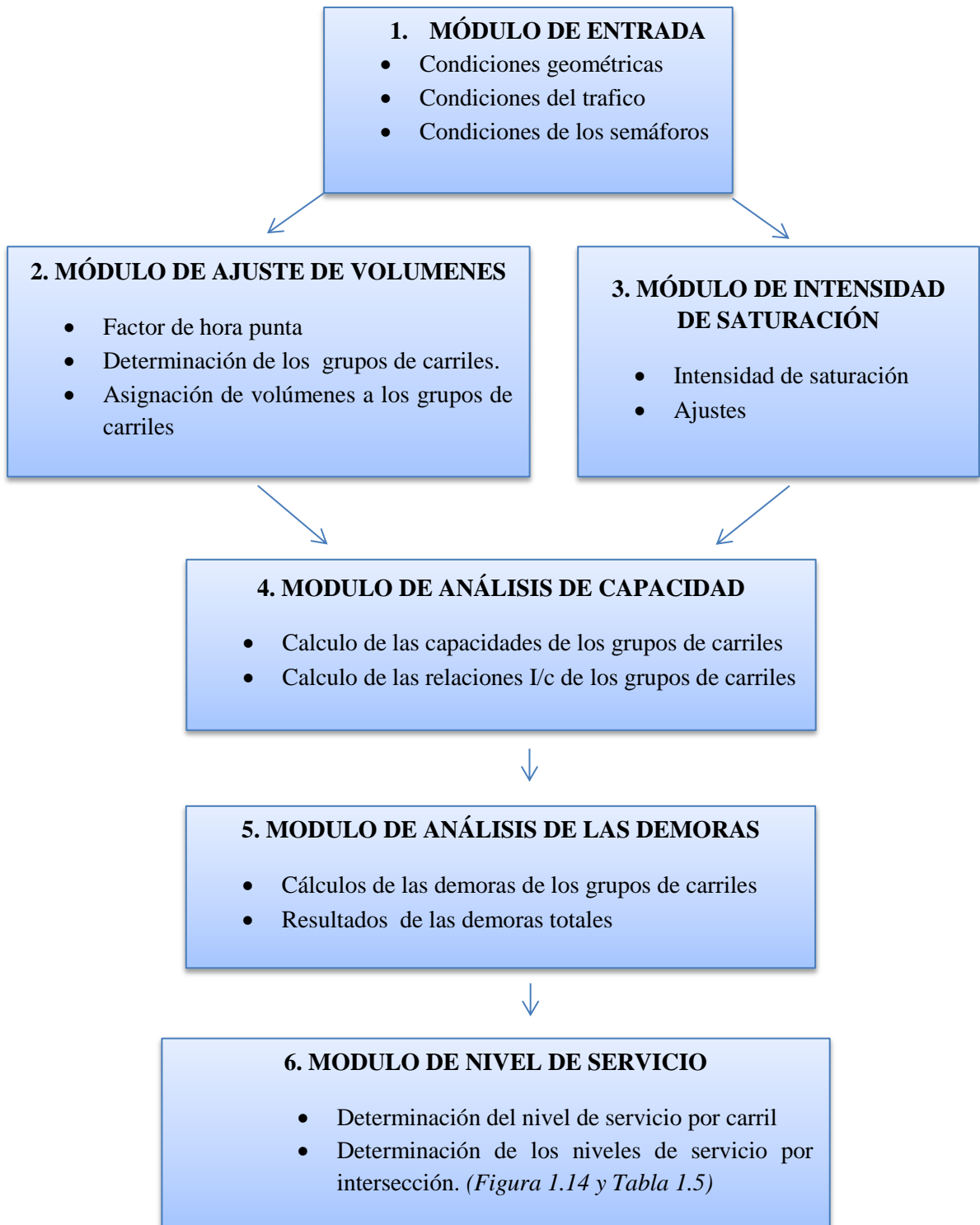


Figura 2.2 Metodología Aplicada a las Intersecciones Semaforizadas

Fuente: (HighCapacityManual, 2000)

La primera etapa consiste en definir todos los datos e información para el cálculo, como es la geometría de la intersección, condiciones, volúmenes de tráfico y los datos relacionados con los semáforos; para este estudio es necesario utilizar el método de investigación de campo.

En la segunda etapa se desarrolla el ajuste de volúmenes, en donde se registran los datos obtenidos por conteos realizados en la hora de máxima demanda.

En la tercera etapa se desarrolla el análisis de las intensidades de saturación de cada intersección.

En la cuarta etapa se analiza la capacidad de saturación en base a los volúmenes e intensidades de saturación para cada intersección.

En la quinta y última etapa se estima la demora existente en cada intersección, definiéndose así los niveles de servicio.

2.4 Puntos Críticos en el Centro Histórico de Cuenca

De acuerdo con datos de la EMOV, Cuenca cuenta con 430 intersecciones de las cuales 155 son intersecciones aisladas y 275 son intersecciones semaforizadas. De acuerdo a las intersecciones semaforizadas 126 son centralizadas, es decir se encuentran comunicadas a través de fibra óptica hacia la central de tráfico (EMOV).

Para el análisis, la recolección de datos se realizó en 20 intersecciones reguladas por semáforos inteligentes en el Centro Histórico de Cuenca, debido a que según datos de la Dirección Municipal de Tránsito y Transporte es donde se genera mayor número de problemas para la circulación vehicular a diferentes horas del día.

En la figura 2.2 se puede observar los puntos críticos con su denominación numérica señalados de color rojo donde se desarrolla problemas de circulación vehicular.

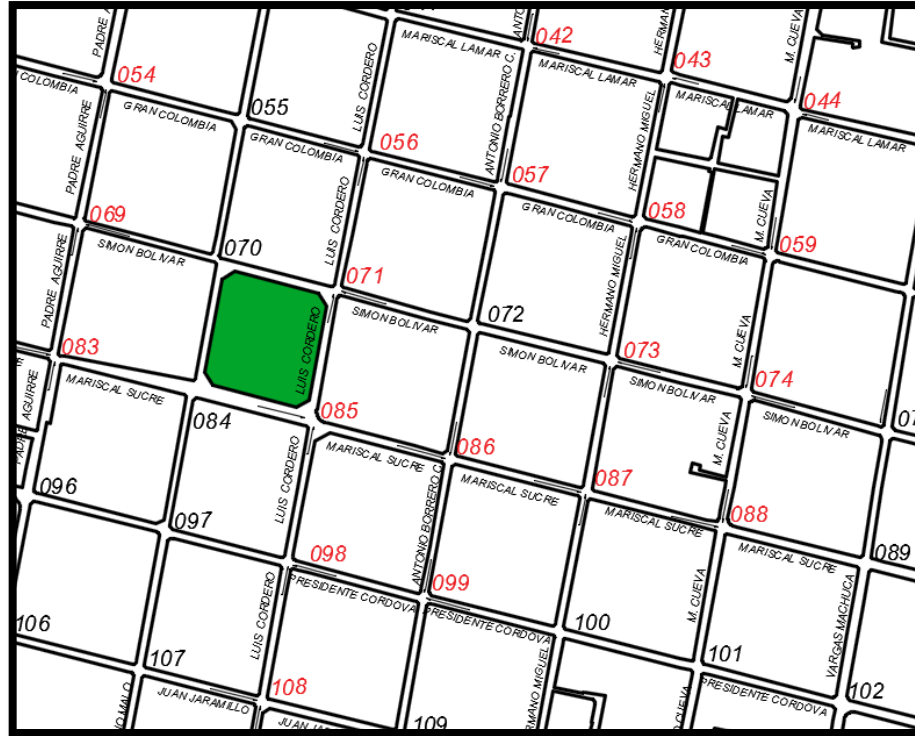


Figura 2.3. Puntos Críticos de Circulación Vehicular
Fuente: DMT.

Calles Principales:

- Mariscal Lamar: Tiene un sentido Este-Oeste
- Gran Colombia: Tiene un sentido Oeste-Este
- Simón Bolívar: Tiene un sentido Este-Oeste
- Mariscal Sucre: Tiene un sentido Oeste-Este
- Presidente Córdoba: Tiene un sentido Este-Oeste
- Juan Jaramillo: Tiene un sentido Oeste-Este

Calles Secundarias:

- Padre Aguirre: Tiene un sentido Sur-Norte
- Luis Cordero: Tiene un sentido Sur-Norte
- Antonio Borrero: Tiene un sentido Norte-Sur
- Hermano Miguel: Tiene un sentido Sur-Norte
- Mariano Cueva: Tiene un sentido Norte-Sur

Intersecciones:

A continuación se menciona las intersecciones donde se realizó el análisis de estudio (Figura 2.2)

1. Calle Mariscal Lamar y Antonio Borrero (**Intersección 42**)
2. Calle Mariscal Lamar y Hermano Miguel (**Intersección 43**)
3. Calle Mariscal Lamar y Mariano Cueva (**Intersección 44**)
4. Calle Gran Colombia y Padre Aguirre (**Intersección 54**)
5. Calle Gran Colombia y Luis Cordero (**Intersección 56**)
6. Calle Gran Colombia y Antonio Borrero (**Intersección 57**)
7. Calle Gran Colombia y Hermano Miguel (**Intersección 58**)
8. Calle Gran Colombia y Mariano Cueva (**Intersección 59**)
9. Calle Simón Bolívar y Padre Aguirre (**Intersección 69**)
10. Calle Simón Bolívar y Luis Cordero (**Intersección 71**)
11. Calle Simón Bolívar y Hermano Miguel (**Intersección 73**)
12. Calle Simón Bolívar y Mariano Cueva (**Intersección 74**)
13. Calle Mariscal Sucre y Padre Aguirre (**Intersección 83**)
14. Calle Mariscal Sucre y Luis Cordero (**Intersección 85**)
15. Calle Mariscal Sucre y Antonio Borrero (**Intersección 86**)
16. Calle Mariscal Sucre y Hermano Miguel (**Intersección 87**)
17. Calle Mariscal Sucre y Mariano Cueva (**Intersección 88**)
18. Calle Presidente Córdova y Luis Cordero (**Intersección 98**)
19. Calle Presidente Córdova y Antonio Borrero (**Intersección 99**)
20. Calle Juan Jaramillo y Luis Cordero (**Intersección 108**)

2.5 Estimación del TPDA (Transito Promedio Diario Anual)

Volumen de Tránsito Promedio Diario Anual - TPDA según (Cal y Mayor R, James Cárdenas, 2007) se define como promedio de conteos de 24 horas que se realiza todos los días del año. Este estudio se realiza con el fin de verificar la calidad de servicio que se presta al usuario.

En la tabla 2.1 se muestra el TPDA en las diferentes intersecciones de los puntos críticos del centro histórico de la ciudad de Cuenca.

	<i>INTERSECCIÓN</i>	<i>TPDA</i>
42	MARISCAL LAMAR Y ANTONIO BORRERO	15357
43	MARISCAL LAMAR Y HERMANO MIGUEL	15780
44	MARISCAL LAMAR Y MARIANO CUEVA	16470
54	GRAN COLOMBIA Y PADRE AGUIRRE	10921
56	GRAN COLOMBIA Y LUIS CORDERO	12673
57	GRAN COLOMBIA Y ANTONIO BORRERO	13493
58	GRAN COLOMBIA Y HERMANO MIGUEL	9855
59	GRAN COLOMBIA Y MARIANO CUEVA	10546
69	SIMON BOLIVAR Y PADRE AGUIRRE	9672
71	SIMON BOLIVAR Y LUIS CORDERO	14110
73	SIMON BOLIVAR Y HERMANO MIGUEL	12997
74	SIMON BOLIVAR Y MARIANO CUEVA	12248
83	MARISCAL SUCRE Y PADRE AGUIRRE	10957
85	MARISCAL SUCRE Y LUIS CORDERO	12658
86	MARISCAL SUCRE Y ANTONIO BORRERO	15073
87	MARISCAL SUCRE Y HERMANO MIGUEL	12155
88	MARISCAL SUCRE Y MARIANO CUEVA	11409
98	PRESIDENTE CORDOVA Y LUIS CORDERO	18071
99	PRESIDENTE CORDOVA Y ANTONIO BORRERO	20685
108	JUAN JARAMILLO Y LUIS CORDERO	11641

Tabla 2. 1. Transito Promedio Diario Anual.

2.6 Características Geométricas, Volúmenes y Fases Semafóricas

1. Análisis de la intersección Mariscal Lamar y Antonio Borrero (Intersección 42)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.4

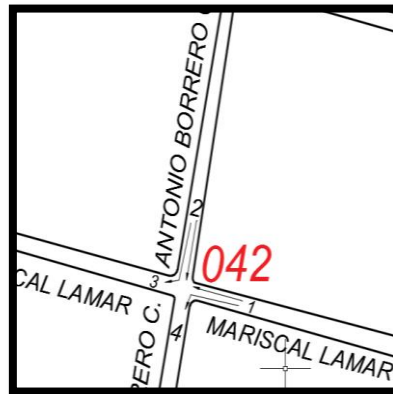


Figura 2.4. Movimientos de la intersección Mariscal Lamar y Antonio Borrero.

Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFÓRICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	2	3.5	564	1	56	3	59	118
1_4			242					
2_3	1	3.5	246	2	55	3	60	118
2_4			109					

Tabla 2. 2 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 42

2. *Análisis de la intersección Mariscal Lamar y Hermano Miguel (Intersección 43)*

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.5

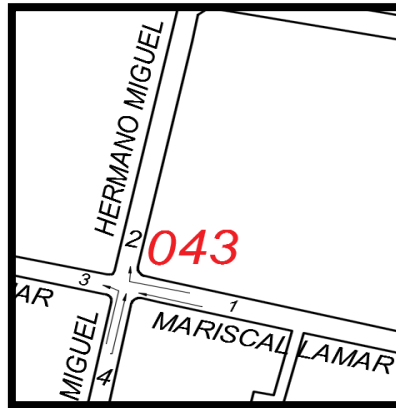


Figura 2.5. Movimientos de la intersección Mariscal Lamar y Hermano Miguel.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	2	3.25	601	1	63	3	62	128
1_2			258					
4_3	1	3.7	205	2	58	3	67	128
4_2			125					

Tabla 2. 3 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 43

3. *Análisis de la intersección Mariscal Lamar y Mariano Cueva (Intersección 44)*

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.6

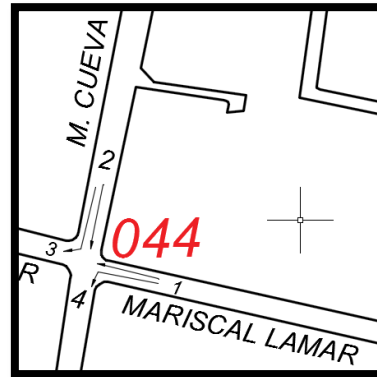


Figura 2.6. Movimientos de la intersección Mariscal Lamar y Mariano Cueva.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	2	3.5	581	1	56	3	67	118
1_4			249					
2_3	1	3.2	172	2	63	3	60	118
2_4			237					

Tabla 2. 4 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 44

4. Análisis de la intersección Gran Colombia y Padre Aguirre (Intersección 54)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.7

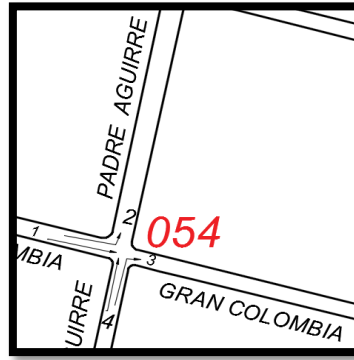


Figura 2.7. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Padre Aguirre.
Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	2	3.25	343	1	72	3	45	120
1_2			148					
4_2	1	3.2	152	2	41	3	76	120
4_3			109					

Tabla 2. 5 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 54

5. Análisis de la intersección Gran Colombia y Luis Cordero (Intersección 56)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.8.

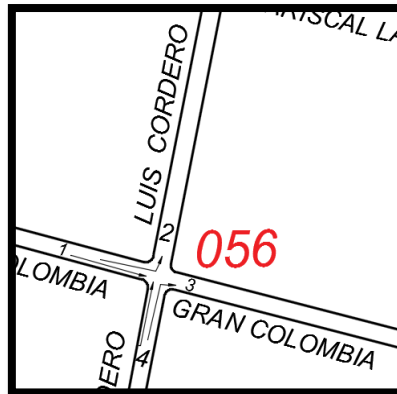


Figura 2.8. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Luis Cordero.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	2	3.5	338	1	55	3	68	126
1_2			146					
4_2	1	3.2	141	2	64	3	59	126
4_3			270					

Tabla 2. 6 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 56

6. *Análisis de la intersección Gran Colombia y Antonio Borrero (Intersección 57)*

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.9.



Figura 2.9. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Antonio Borrero.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	2	3.25	198	1	62	3	64	129
1_4			461					
2_4	1	3.2	113	2	60	3	66	129
2_3			270					

Tabla 2. 7 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 57

7. *Análisis de la intersección Gran Colombia y Hermano Miguel (Intersección 58)*

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.10

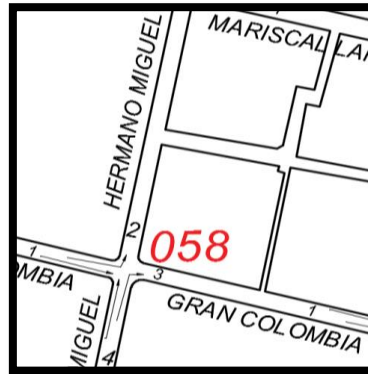


Figura 2.10. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Hermano Miguel.

Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	2	3.5	307	1	65	3	46	114
1_2			206					
4_2	1	3.25	124	2	42	3	69	114
4_3			82					

Tabla 2. 8 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 58

8. Análisis de la intersección Gran Colombia y Mariano Cueva (Intersección 59)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.11

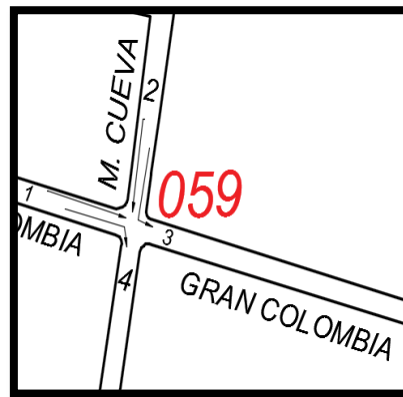


Figura 2.11. Movimientos de la intersección Gran Colombia y Mariano Cueva.

Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	1	3.5	343	1	68	3	50	121
1_4			86					
2_4	1	3.25	87	2	46	3	72	121
2_3			280					

Tabla 2. 9 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 59

9. Análisis de la intersección Simón Bolívar y Padre Aguirre (Intersección 69)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.12

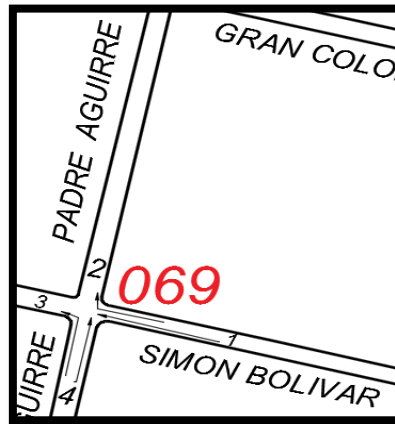


Figura 2.12. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Padre Aguirre.
Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	2	3.25	348	1	69	3	44	116
1_2			150					
4_2	1	3.2	111	2	40	3	73	116
4_3			113					

Tabla 2. 10 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 69

10. Análisis de la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero (Intersección 71)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.13

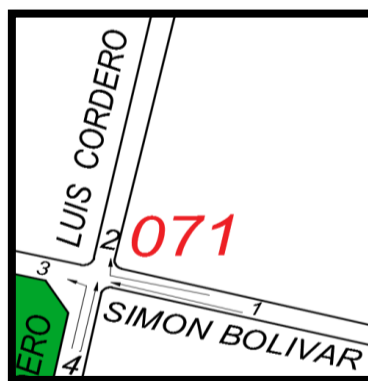


Figura 2.13. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero.
Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	1	3.7	736	1	78	3	46	127
1_2			185					
4_2	2	3.5	179	2	42	3	82	127
4_3			258					

Tabla 2. 11 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 71

11. Análisis de la intersección Simón Bolívar y Hermano Miguel (Intersección 73)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.14.

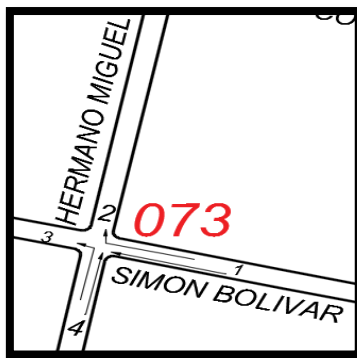


Figura 2.14. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Hermano Miguel.

Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	1	3.25	483	1	67	3	48	118
1_2			86					
4_2	1	3.25	114	2	44	3	71	118
4_3			261					

Tabla 2. 12 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 73

12. Análisis de la intersección Simón Bolívar y Mariano Cueva (Intersección 74)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.15

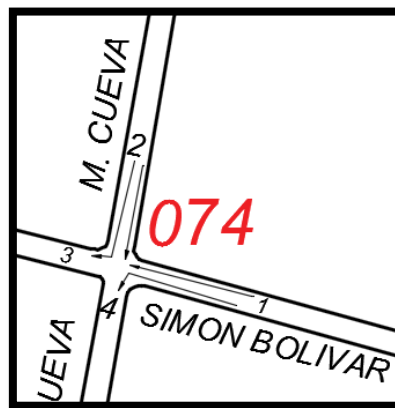


Figura 2.15. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Mariano Cueva.

Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	1	3.5	354	1	79	3	48	130
1_4			236					
2_4	1	3.2	206	2	44	3	83	130
2_3			111					

Tabla 2. 13 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 74

13. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Padre Aguirre (Intersección 83)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.16.

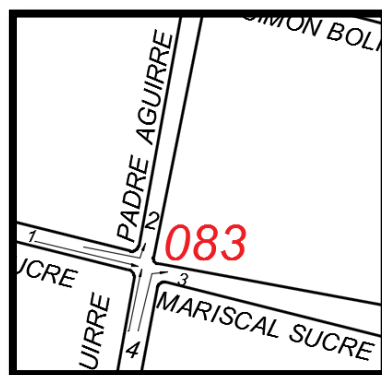


Figura 2.16. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Padre Aguirre.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	1	3.5	268	1	72	3	48	123
1_2			116					
4_2	1	3.2	88	2	44	3	76	123
4_3			354					

Tabla 2. 14 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 83

14. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Luis Cordero (Intersección 85)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.17.

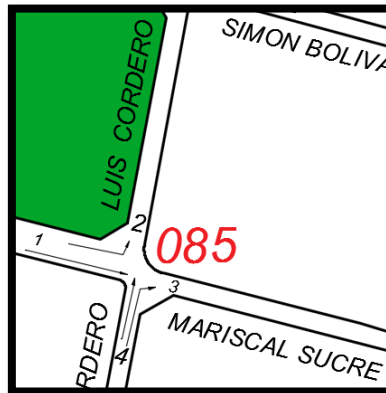


Figura 2.17. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Luis Cordero.
Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	2	3.8	302	1	75	3	49	127
1_2			248					
4_2	1	3.15	268	2	45	3	79	127
4_3			166					

Tabla 2. 15 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 85

15. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Antonio Borrero (Intersección 86)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.18.

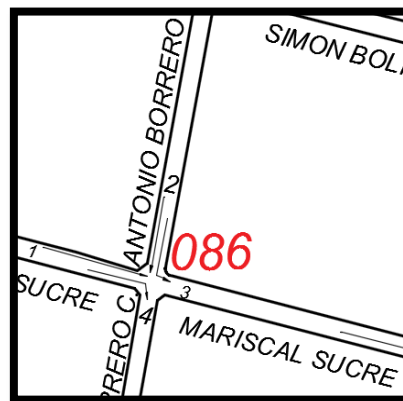


Figura 2.18. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Antonio Borrero.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	1	3.5	270	1	60	3	59	122
1_4			180					
2_4	2	3.2	361	2	55	3	64	122
2_3			296					

Tabla 2. 16 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 86

16. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Hermano Miguel (Intersección 87)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.19.

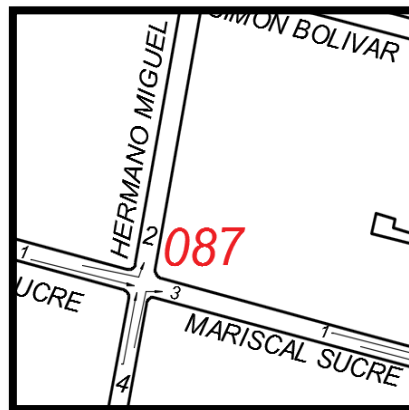


Figura 2.19. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Hermano Miguel.
Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	2	3.5	339	1	73	3	67	143
1_2			227					
4_2	1	3.25	225	2	63	3	77	143
4_3			116					

Tabla 2. 17 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 87

17. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Mariano Cueva (Intersección 88)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.20.

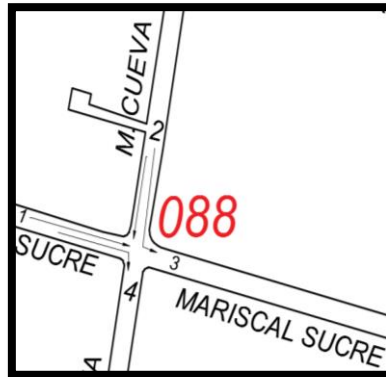


Figura 2.20. Movimientos de la intersección Mariscal Sucre y Mariano Cueva.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	1	3.5	382	1	76	3	59	138
1_4			165					
2_3	1	3.2	206	2	55	3	80	138
2_4			84					

Tabla 2. 18 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 88

18. Análisis de la intersección Presidente Córdova y Luis Cordero (Intersección 98)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.21.

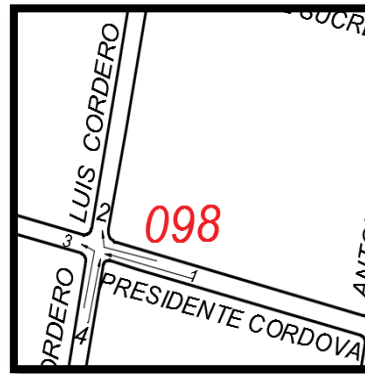


Figura 2.21. Movimientos de la intersección Presidente Córdova y Luis Cordero.
Fuente: DMT

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
1_3	2	3.5	714	1	65	3	52	120
1_2			307					
4_2	1	3.2	170	2	48	3	69	120
4_3			127					

Tabla 2. 19 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 98

19. Análisis de la intersección Presidente Córdova y Antonio Borrero (Intersección 99)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.22

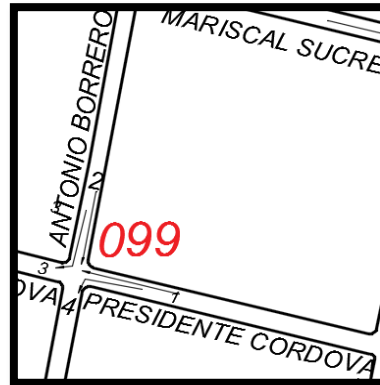


Figura 2.22. Movimientos de la intersección Presidente Córdova y Antonio Borrero.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)		Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo
1_3	2	3.5	686	1	65	3	45	113
1_4			294					
2_4	2	3.5	279	2	41	3	69	113
2_3			335					

Tabla 2. 20 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 99

20. Análisis de la intersección Juan Jaramillo y Luis Cordero (Intersección 108)

Datos:

Para calcular los niveles de servicio es necesario conocer el sentido del flujo vehicular, lo cual se indica en la Figura 2.23

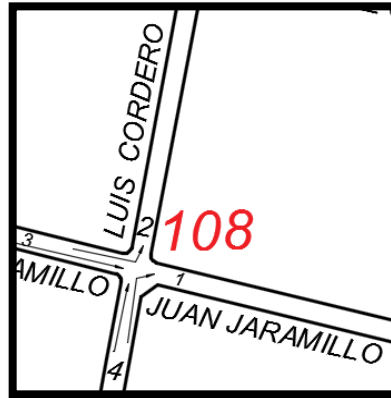


Figura 2.23. Movimientos de la intersección Juan Jaramillo y Luis Cordero.
Fuente: DMT

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS			VOLUMENES	FASES SEMAFORICAS/TIEMPO				
Tipo de Movimiento	Número de Carriles	Ancho de Carril (m)	Número de Vehículos	Número de Fase	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo Semafórico
3_1	2	3.5	432	1	70	3	49	122
3_2			186					
4_2	1	3.2	111	2	45	3	74	122
4_1			145					

Tabla 2. 21 Características, Volúmenes y Fases Semafóricas – Intersección 108

2.7 Estimación de la Hora de Máxima Demanda (HMD)

Para estimar la hora de máxima demanda se procede a realizar un análisis de todos los aforos tomados en el periodo de las 00h00 am a las 23h59. Cada muestra fue tomada en lapsos de quince minutos, tomando como hora de máxima demanda, la hora en donde existe mayor flujo vehicular.

A continuación se estima la hora de máxima demanda para cada intersección en estudio:

1. Intersección Mariscal Lamar y Antonio Borrero (Intersección 42)

Según la figura 2.24. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 1161 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 302, llegando a circular por esta intersección 15357 vehículos.

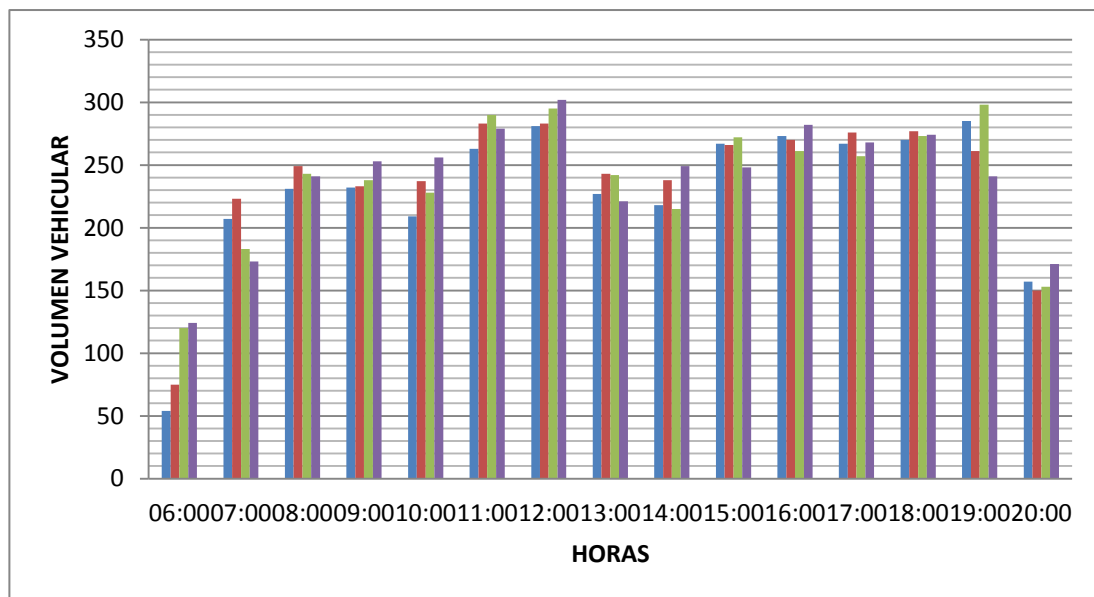


Figura 2.24. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Lamar y Antonio Borrero.

2. Análisis de la intersección Mariscal Lamar y Hermano Miguel (Intersección 43)

Según la figura 2.25. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 1189 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 326, llegando a circular por esta intersección 15780 vehículos.

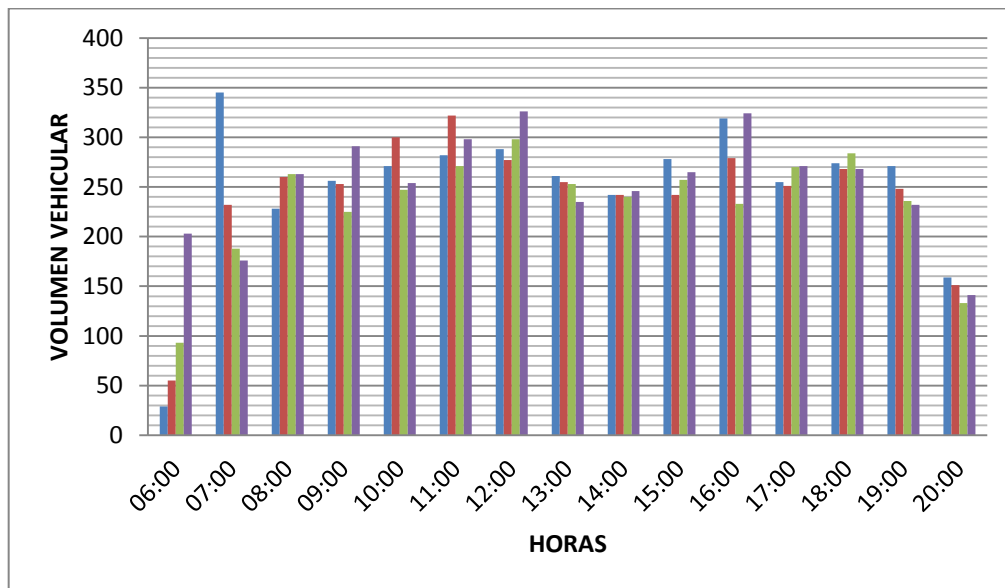


Figura 2.25. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Lamar y Hermano Miguel.

3. Análisis de la intersección Mariscal Lamar y Mariano Cueva (Intersección 44)

Según la figura 2.26 Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 16h00 a 17h00, con un volumen de 1239 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 344, llegando a circular por esta intersección 16470 vehículos.

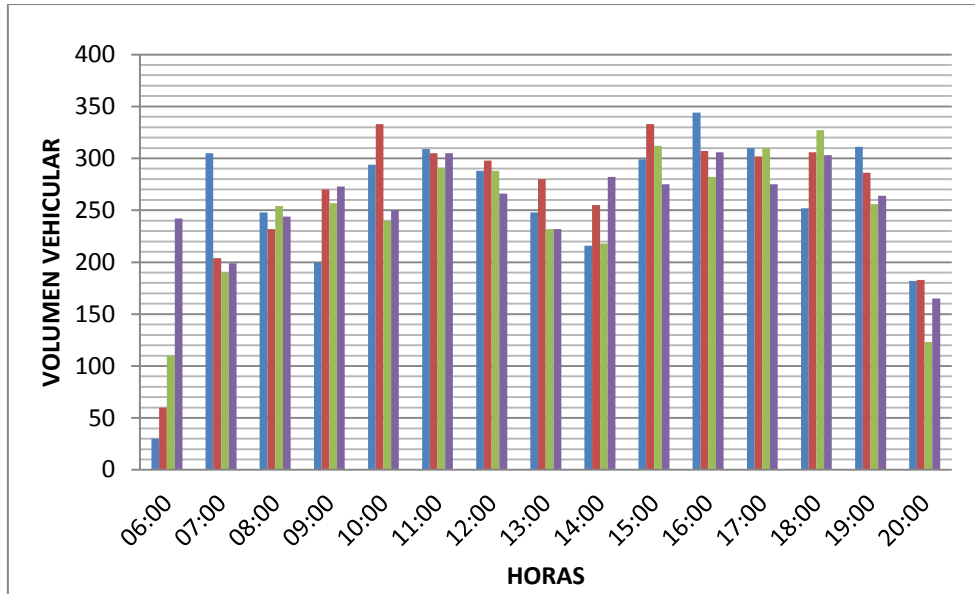


Figura 2.26. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Lamar y Mariano Cueva.

4. *Análisis de la intersección Gran Colombia y Padre Aguirre (Intersección 54)*

Según la figura 2.27. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 752 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 201, llegando a circular por esta intersección 10921 vehículos.

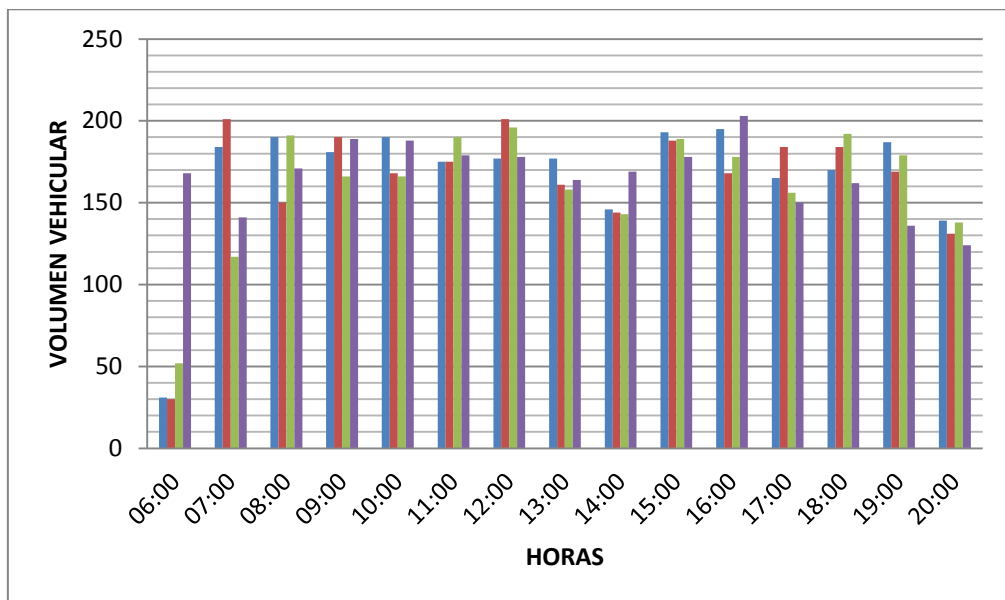


Figura 2.27. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Padre Aguirre.

5. *Análisis de la intersección Gran Colombia y Luis Cordero (Intersección 56)*

Según la figura 2.28. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 11h00 a 12h00, con un volumen de 895 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 232, llegando a circular por esta intersección 12673 vehículos.

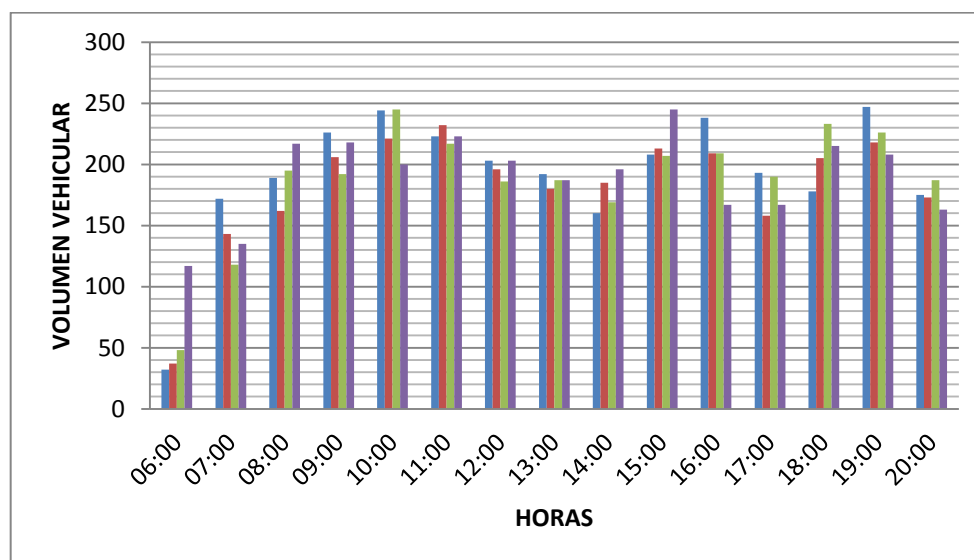


Figura 2.28. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Luis Cordero.

6. *Análisis de la intersección Gran Colombia y Antonio Borrero (Intersección 57)*

Según la figura 2.29. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 19h00 a 20h00, con un volumen de 1050 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 285, llegando a circular por esta intersección 13493 vehículos.

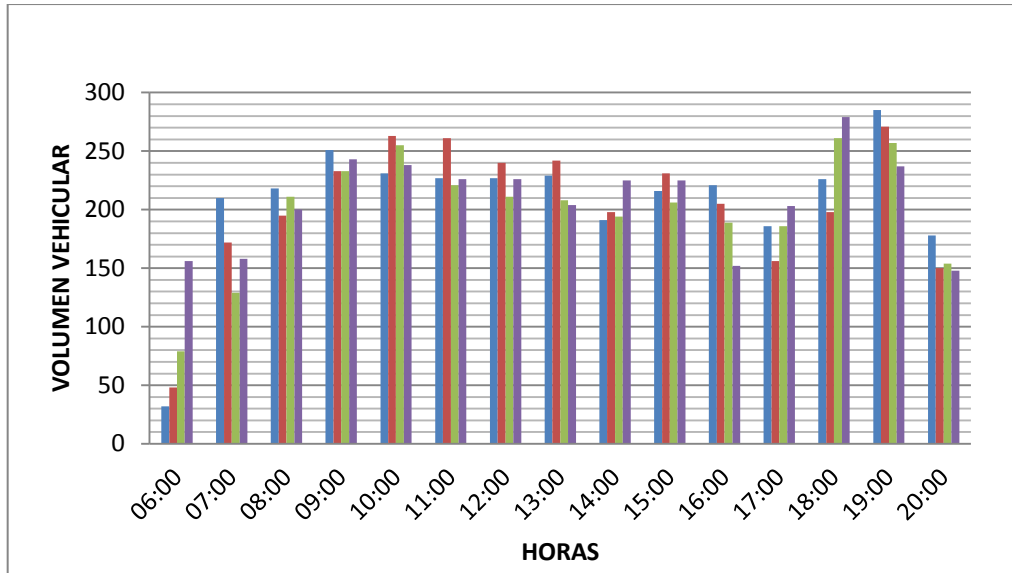


Figura 2.29. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Antonio Borrero.

7. *Análisis de la intersección Gran Colombia y Hermano Miguel (Intersección 58)*

Según la figura 2.30. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 719 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 191, llegando a circular por esta intersección 9855 vehículos.

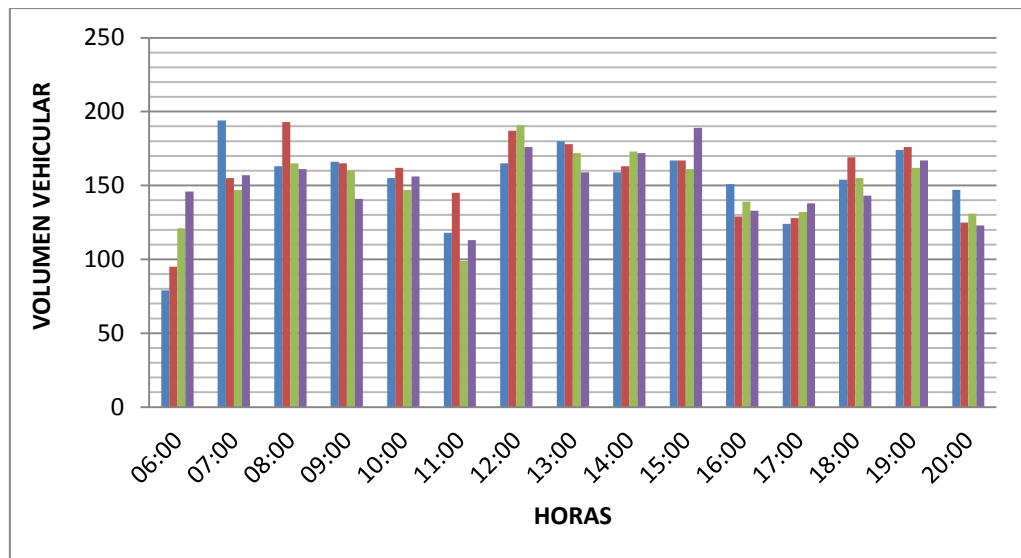


Figura 2.30. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Hermano Miguel.

8. *Análisis de la intersección Gran Colombia y Mariano Cueva (Intersección 59)*

Según la figura 2.31. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 11h00 a 12h00, con un volumen de 796 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 202, llegando a circular por esta intersección 10546 vehículos.

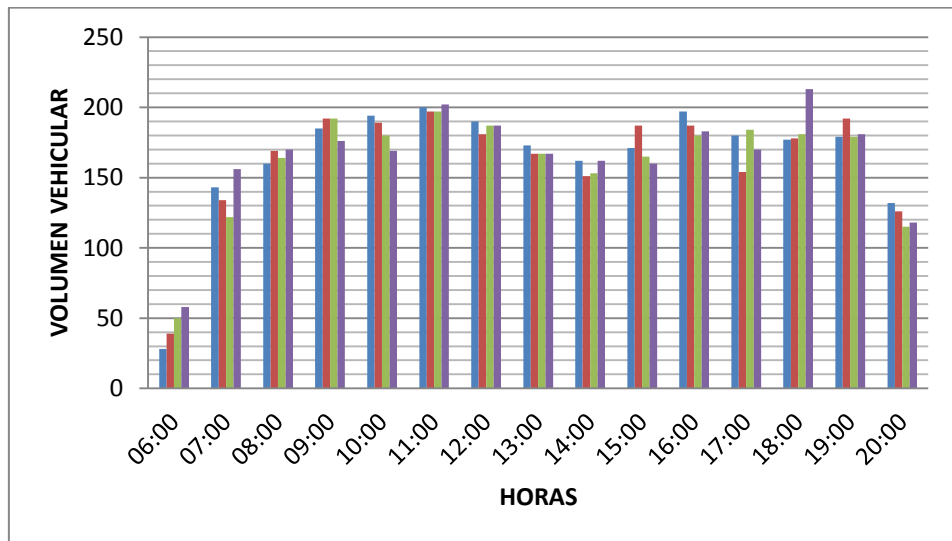


Figura 2.31. Volumen de vehículos, Intersección Gran Colombia y Mariano Cueva.

9. *Análisis de la intersección Simón Bolívar y Padre Aguirre (Intersección 69)*

Según la figura 2.32. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 722 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 191, llegando a circular por esta intersección 9672 vehículos.

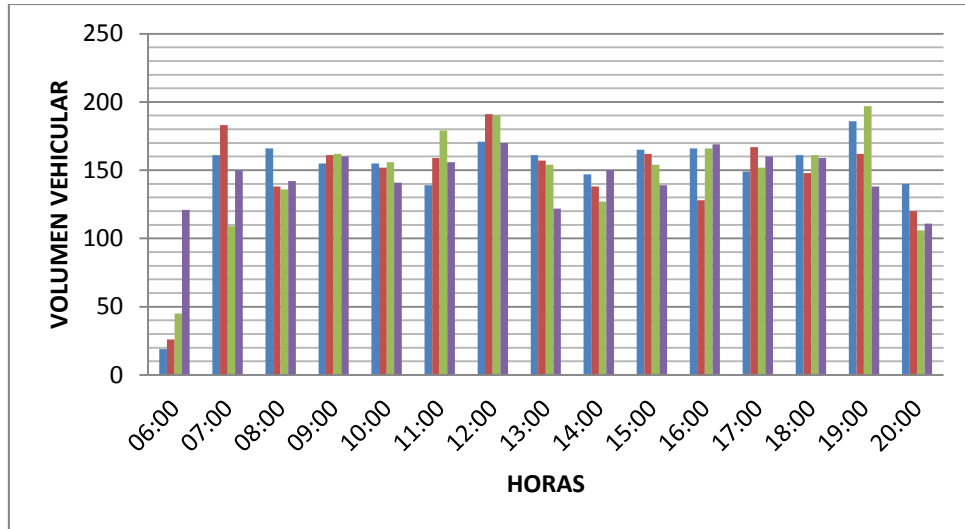


Figura 2.32. Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Padre Aguirre.

10. Análisis de la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero (Intersección 71)

Según la figura 2.33. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 13h00 a 14h00, con un volumen de 1358 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 352, llegando a circular por esta intersección 14110 vehículos.

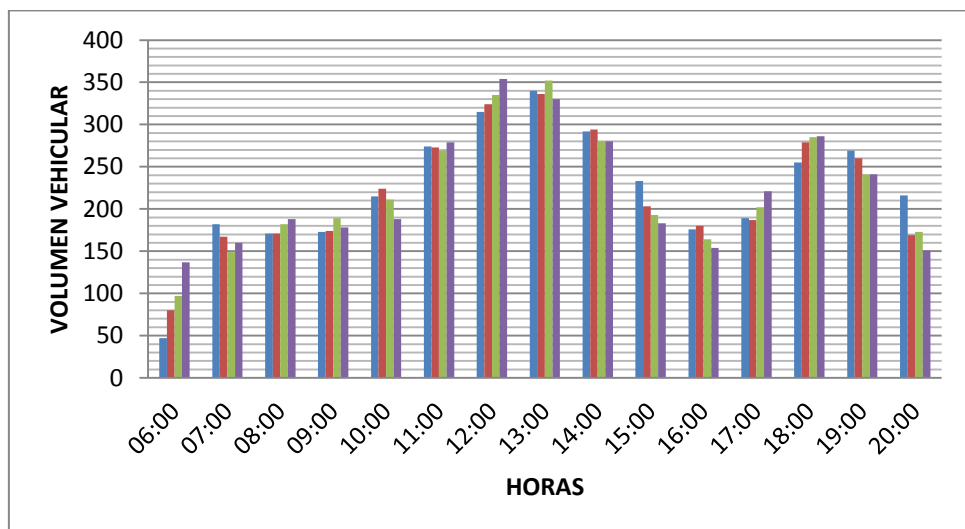


Figura 2.33. Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Luis Cordero.

11. Análisis de la intersección Simón Bolívar y Hermano Miguel (Intersección 73)

Según la figura 2.34. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 11h00 a 12h00, con un volumen de 944 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 249, llegando a circular por esta intersección 12997 vehículos.

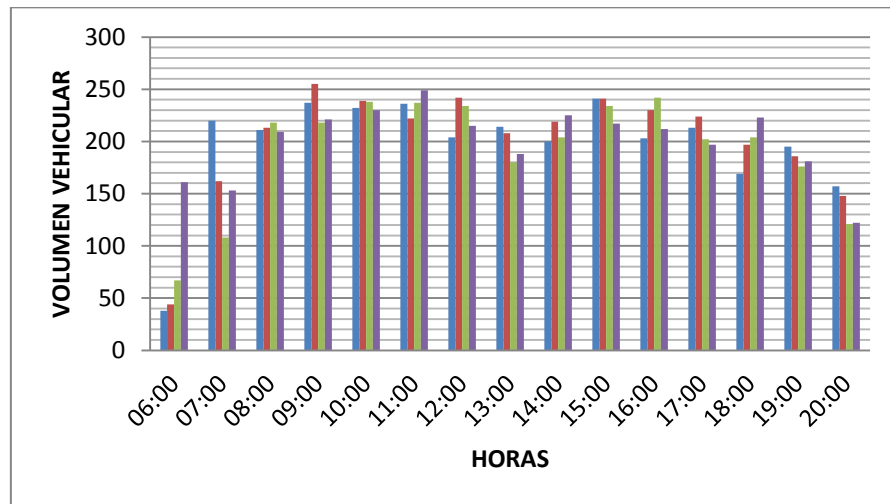


Figura 2.34. Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Luis Cordero.

12. Análisis de la intersección Simón Bolívar y Mariano Cueva (Intersección 74)

Según la figura 2.35 Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 19h00 a 20h00, con un volumen de 907 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 230, llegando a circular por esta intersección 12248 vehículos.

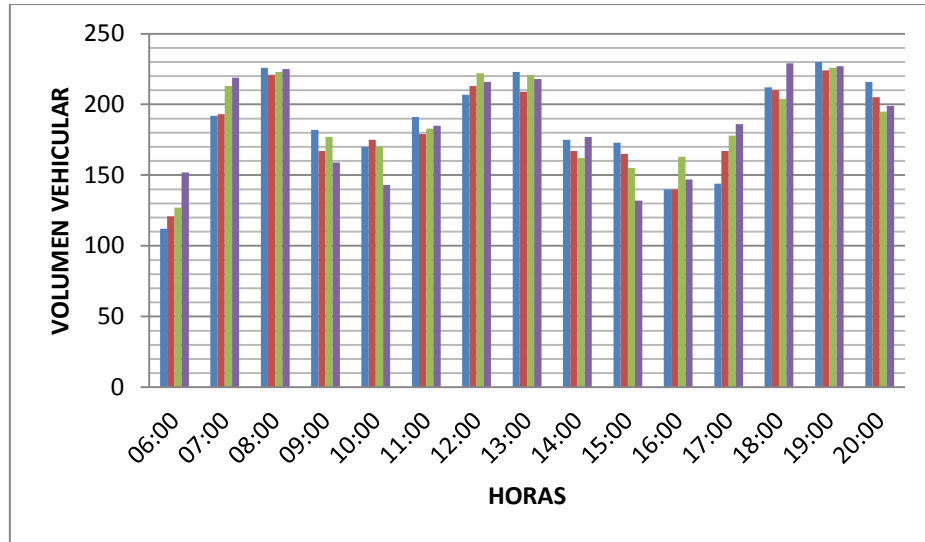


Figura 2.35. Volumen de vehículos, Intersección Simón Bolívar y Mariano Cueva.

13. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Padre Aguirre (Intersección 83)

Según la figura 2.36. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 10h00 a 11h00, con un volumen de 826 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 225, llegando a circular por esta intersección 10957 vehículos.

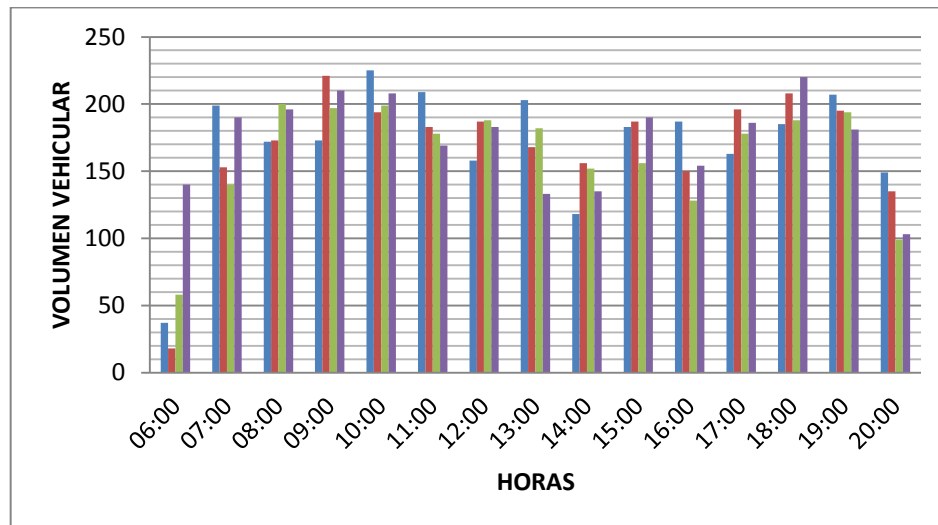


Figura 2.36. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Padre Aguirre.

14. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Luis Cordero (Intersección 85)

Según la figura 2.37. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 984 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 255, llegando a circular por esta intersección 12685 vehículos.

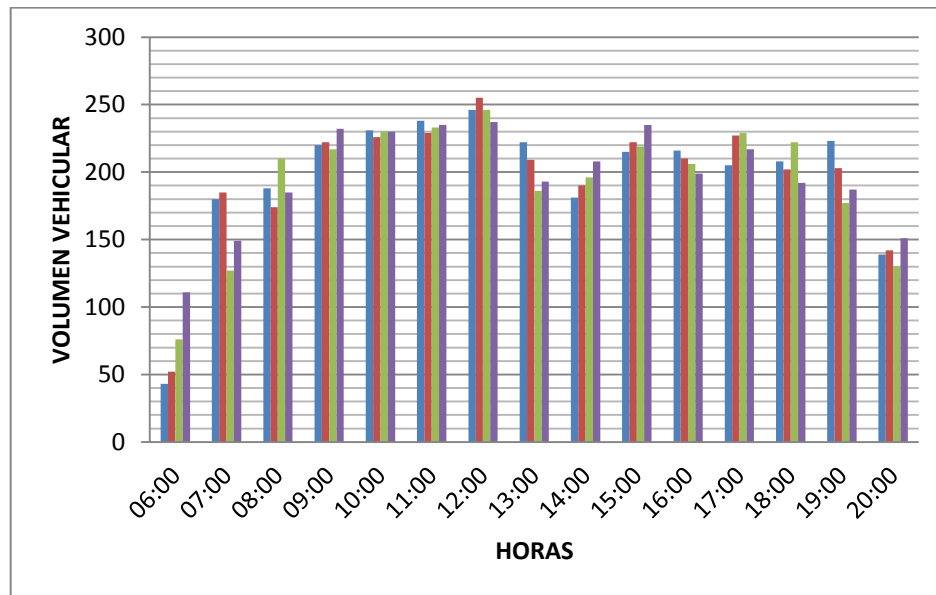


Figura 2.37. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Luis Cordero.

15. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Antonio Borrero (Intersección 86)

Según la figura 2.38. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 11h00 a 12h00, con un volumen de 1107 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 310, llegando a circular por esta intersección 15073 vehículos.

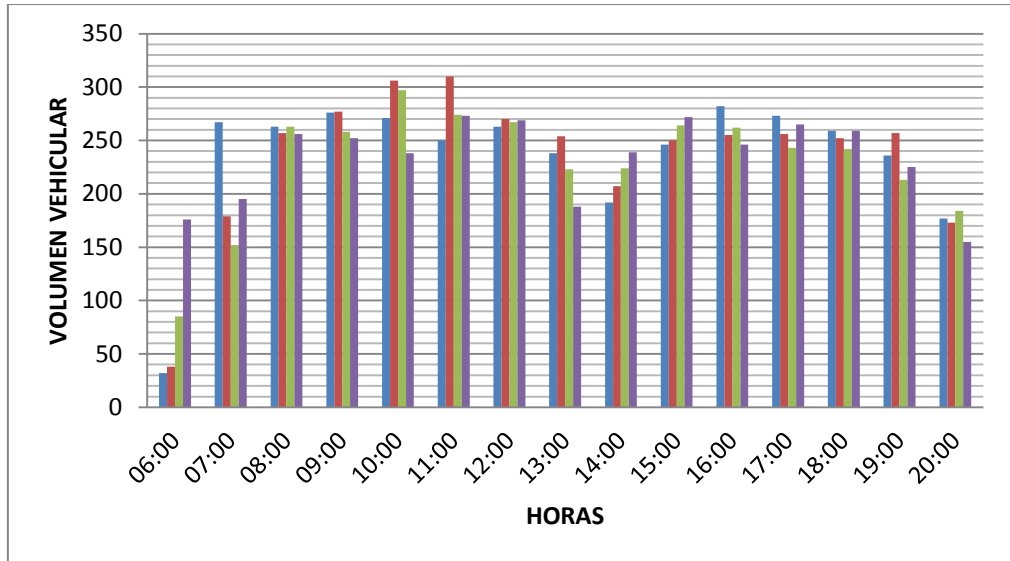


Figura 2.38. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Antonio Borrero.

16. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Hermano Miguel (Intersección 87)

Según la figura 2.39. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 16h00 a 17h00, con un volumen de 907 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 241, llegando a circular por esta intersección 12155 vehículos.

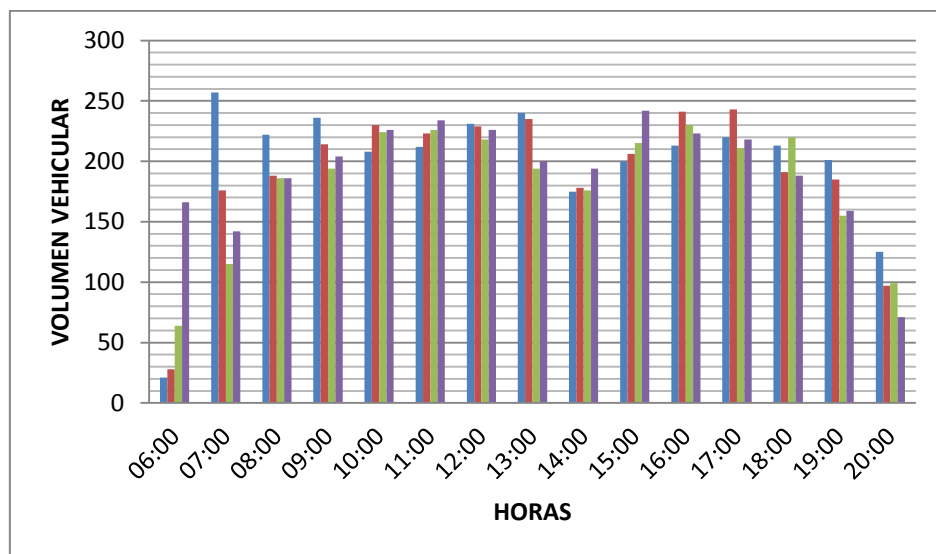


Figura 2.39. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Hermano Miguel.

17. Análisis de la intersección Mariscal Sucre y Mariano Cueva (Intersección 88)

Según la figura 2.40. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 837 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 215, llegando a circular por esta intersección 11409 vehículos.

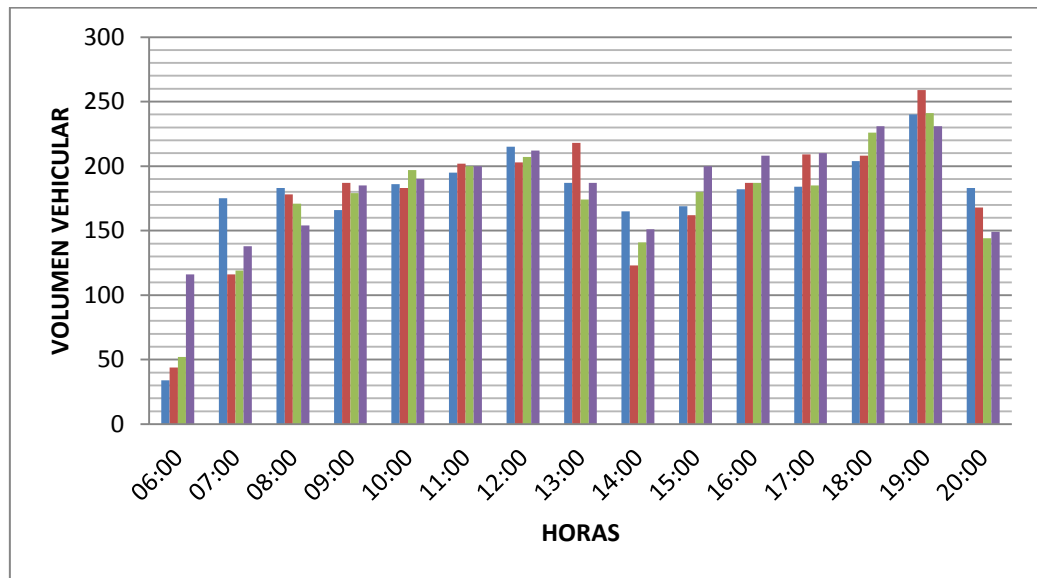


Figura 2.40. Volumen de vehículos, Intersección Mariscal Sucre y Mariano Cueva.

Fuente: De los Autores

18. Análisis de la intersección Presidente Córdova y Luis Cordero (Intersección 98)

Según la figura 2.41. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 1318 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 353, llegando a circular por esta intersección 18071 vehículos.

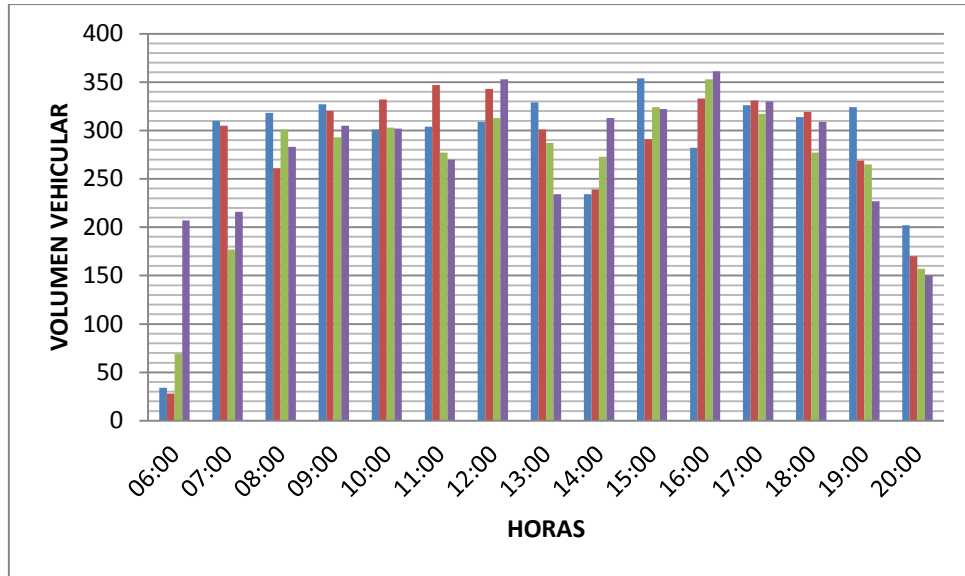


Figura 2.41. Volumen de vehículos, Intersección Presidente Córdova y Luis Cordero.

19. Análisis de la intersección Presidente Córdova y Antonio Borrero (Intersección 99)

Según la figura 2.42. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 1594 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 416, llegando a circular por esta intersección 20685 vehículos.

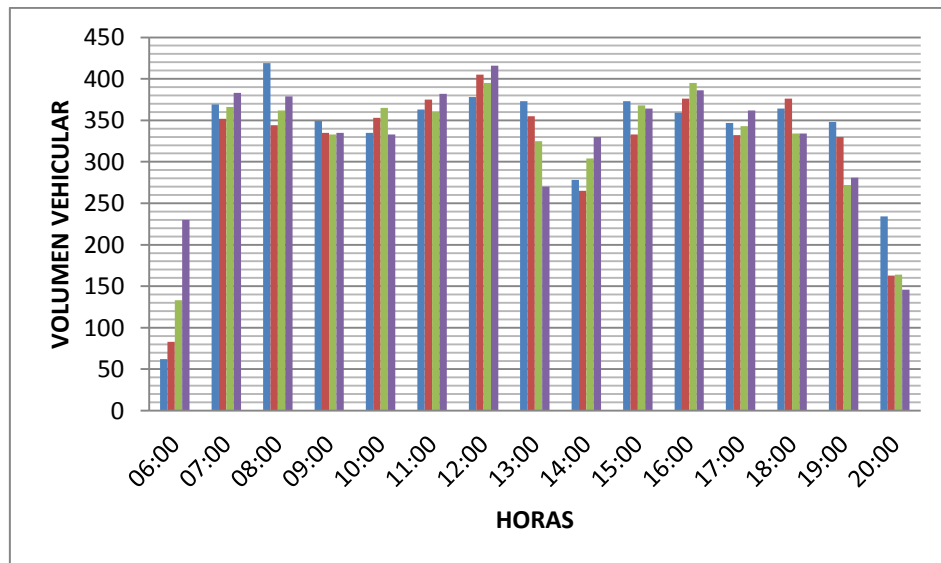


Figura 2.42. Volumen de vehículos, Intersección Presidente Córdova y Antonio Borrero.

20. Análisis de la intersección Juan Jaramillo y Luis Cordero (Intersección 108)

Según la figura 2.43. Se puede observar el mayor flujo vehicular entre las 12h00 a 13h00, con un volumen de 874 vehículos por hora. El pico máximo de vehículos en los quince minutos es de 230, llegando a circular por esta intersección 11641 vehículos.

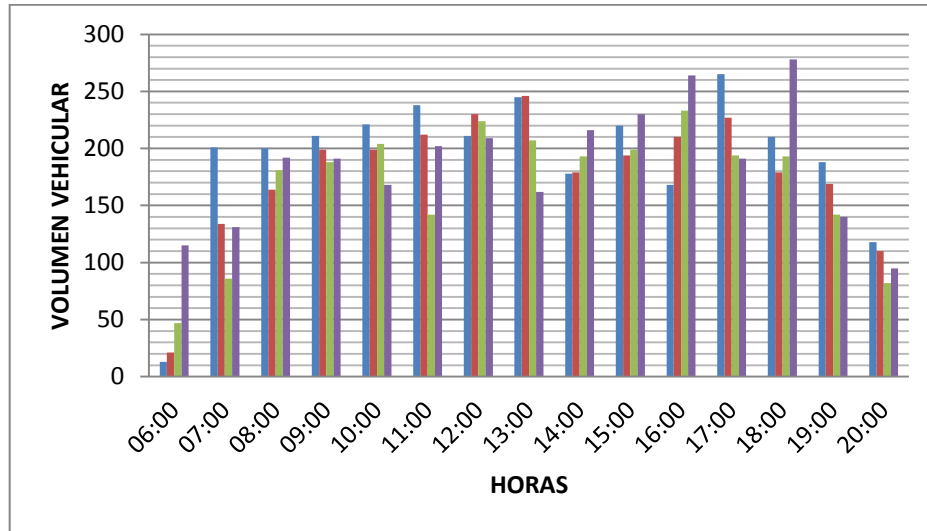


Figura 2.43. Volumen de vehículos, Intersección Juan Jaramillo y Luis Cordero.

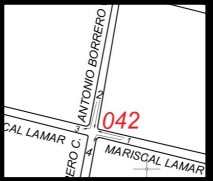
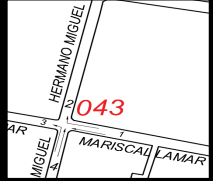



2.8 Determinación de la Demora y Niveles de Servicio (L.O.S)




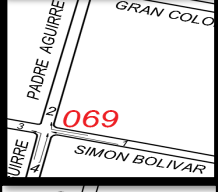



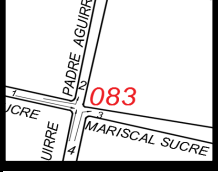
Con la metodología de investigación aplicada a las intersecciones con semáforo antes expuesto del libro High Capacity Manual 2000, se establece en primera instancia los datos de la intersección y los tipos de movimiento.

De igual manera se establece las demoras promedio por vehículo correspondiente a cada carril con su respectivo nivel de servicio.

Y de manera general se obtiene la demora total (seg/veh) con el nivel de servicio respectivo para dicha intersección.

Los valores finales se muestran en la *Tabla 2.22*

Denominación de la Intersección	Diagrama de la Intersección	TPDA	Tipo de Movimiento	Demora Promedio por Vehículo - Carril	L.O.S	GENERAL	
						Demora Total (seg/veh)	L.O.S
INTERSECCION 42		10880	1_3	48	D	39	D
			1_4				
		4478	2_3	21	C		
			2_4				
INTERSECCION 43		11822	1_3	42	D	41	D
			1_2				
		3958	4_3	39	D		
			4_2				
INTERSECCION 44		10548	1_3	74	E	58	E
			1_4				
		5928	2_3	25	C		
			2_4				
INTERSECCION 54		7733	1_3	17	B	18	B
			1_2				
		3188	4_2	20	B		
			4_3				
INTERSECCION 56		7541	1_3	27	C	35	D
			1_2				
		5132	4_2	43	D		
			4_3				

INTERSECCION 57		8651	1_3	32	C	49	D
			1_4				
		4845	2_4	76	E		
			2_3				
INTERSECCION 58		6749	1_3	18	B	18	B
			1_2				
		3107	4_2	18	B		
			4_3				
INTERSECCION 59		5898	1_3	25	C	36	D
			1_4				
		4648	2_4	49	D		
			2_3				
INTERSECCION 69		6539	1_3	16	B	18	B
			1_2				
		3136	4_2	21	C		
			4_3				
INTERSECCION 71		8853	1_3	88	F	65	E
			1_2				
		5368	4_2	18	B		
			4_3				
INTERSECCION 73		7846	1_3	41	D	33	C
			1_2				
		5151	4_2	20	C		
			4_3				
INTERSECCION 74		8960	1_3	52	D	42	D
			1_4				
		3292	2_4	23	C		
			2_3				
INTERSECCION 83		5918	1_3	26	C	42	D
			1_2				
		5039	4_2	57	E		
			4_3				

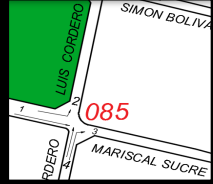
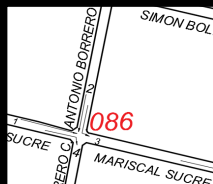
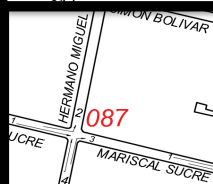



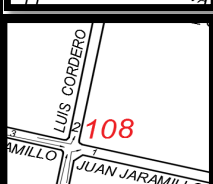
INTERSECCION 85		7615	1_3	17	B	26	C
			1_2				
		5043	4_2	38	D		
			4_3				
INTERSECCION 86		7290	1_3	44	D	40	D
			1_4				
		7784	2_4	38	D		
			2_3				
INTERSECCION 87		7701	1_3	29	C	30	C
			1_2				
		4454	4_2	32	C		
			4_3				
INTERSECCION 88		7004	1_3	42	D	37	D
			1_4				
		4406	2_3	27	C		
			2_4				
INTERSECCION 98		13823	1_3	41	D	39	D
			1_2				
		4248	4_2	31	C		
			4_3				
INTERSECCION 99		13310	1_3	35	D	30	C
			1_4				
		7373	2_4	22	C		
			2_3				
INTERSECCION 108		7180	3_1	21	C	21	C
			3_2				
		4461	4_2	22	C		
			4_1				

Tabla 2.22. Determinación de Demoras y Niveles de Servicio

CAPITULO III

ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO GENERADO POR LOS NIVELES DE SERVICIO

3.1 Introducción

En el presente capítulo se analizará el impacto económico generado por los niveles de servicio. Se iniciará estableciendo la metodología de estudio y los diferentes parámetros, que servirán de fundamento para definir el tamaño del experimento, obteniendo así una correcta medición del consumo de combustible, además se explicará paso a paso cuales son los elementos básicos tomados para la medición, para completar el presente capítulo se obtendrán los costos de combustible generados en cada intersección.

3.2 Metodología de análisis para determinar el impacto económico generado por los niveles de servicio

Para determinar los costos generados por el consumo de combustible en las diferentes intersecciones en análisis, es necesario establecer las pruebas y métodos adecuados para medir el consumo en distintos vehículos. En la figura 3.1 se indica en el diagrama de bloques la metodología planteada para el análisis del impacto económico.

El primer bloque consiste en definir las condiciones de funcionamiento y los diferentes factores que influyen directamente en el consumo de combustible.

En el segundo bloque se desarrolla el diseño del experimento para determinar el consumo de combustible en los diferentes vehículos, tomando en consideración parámetros necesarios que ayuden al análisis.

En el tercer bloque se estima el costo generado por el consumo de combustible en las intersecciones en estudio, considerando la información del capítulo anterior, concerniente a demoras.

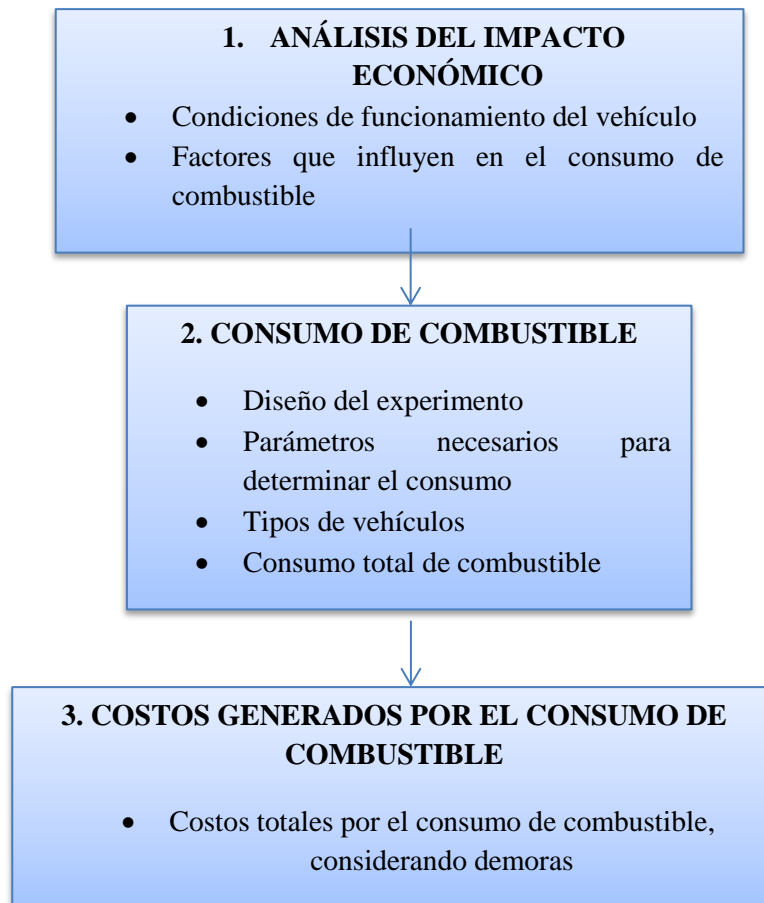


Figura 3.1 Metodología de estudio para el análisis del impacto económico

3.3 Medición de Consumo de Combustible

La medición del consumo de combustible tiene por objeto registrar el gasto de combustible de los vehículos que circulan por el centro histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda.

3.3.1 Pruebas y Análisis del Sistema

Para realizar las pruebas se debe considerar los métodos adecuados para la medición de consumo de combustible; la Norma DIN 70030 establece un procedimiento, en el cual para simular el consumo se debe tener en cuenta dos velocidades constantes de 90km/h y 120km/h, las mismas que se debe medir en carretera en un tramo mínimo de 2km.

Para efectos de nuestro estudio el método de la Norma DIN 70030 no puede llevarse a cabo, ya que para nuestro estudio las velocidades de 90 y 120 km/h no se requiere para el análisis, y de igual manera el tramo dado en esta norma es diferente.

En consecuencia para realizar la medición de consumo de combustible se requiere de otros parámetros que se ajusten a nuestro estudio, llevando un orden y procedimiento lógico para así obtener un resultado racional y verdadero. Por lo tanto es necesario plantear un proceso que facilite la obtención del consumo de combustible dentro de la ciudad. Partiendo de esto se plantea el tema 3.4.

3.4 Diseño del Experimento

El diseño experimental es una herramienta que ayuda a considerar cuales son las causas de un efecto. Es por esta razón que es importante determinar el diseño del experimento para identificar las variables que se debe examinar, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

El experimento debe lograr una representación adecuada de la observación, en la que se reproduzca de mejor manera el comportamiento del objeto a investigación. Para que un diseño experimental sea válido, va a depender del grado de confiabilidad del mismo, por lo tanto debe ser útil y reflejar las similitudes y diferencias, es decir ejemplificar las características de comportamiento.

3.4.1 Factores que afectan el consumo de combustible – Variables Independientes

3.4.1.1 Resistencia Aerodinámica

Depende de la forma y la velocidad del vehículo, la presión y la temperatura del aire. A velocidades de 80 km/h, esta resistencia es despreciable, puesto que la velocidad del viento a esta velocidad no influye directamente sobre la superficie del vehículo.

Para nuestro estudio no se alcanza velocidades mayores a 80km/h razón por la cual dicha variable de resistencia aerodinámica es nula.

3.4.1.2 Resistencia por la pendiente de las vías

Este factor depende del peso del vehículo y la pendiente de la carretera por donde transite, para la realización de nuestra prueba las pendientes de las vías en los puntos conflictivos del centro histórico de la ciudad de Cuenca se considera nula; razón por la cual en nuestro estudio se trabajara con pendiente cero.

3.4.1.3 Condición del motor

En este parámetro hace referencia al estado mecánico del motor, ya que un motor en buen estado permite obtener un ahorro de combustible entre 4 y 5% aproximadamente. Los elementos mecánicos que pueden variar el la condición del motor en cuanto al consumo de combustible es el filtro de aire, sistema de refrigeración, sistema de lubricación, alimentación, etc.

Para nuestro estudio se va a considerar vehículos en condiciones normales de funcionamiento, es decir, vehículos en buen estado mecánico.

3.4.1.4 Carga del vehículo

Todos los vehículos vienen diseñados con una capacidad de carga admisible, razón por la cual no se debe sobrecargar por que se afectaría al consumo de combustible y el estado de los elementos del motor.

En nuestro estudio no existirán cargas considerables, debido a que el índice ocupacional del vehículo es de 1.3, por lo que se supone condiciones normales en la capacidad de la carga.

Según la disposición de nuestro ensayo se considera pendientes nulas, y arranques en horas de máxima demanda vehicular por lo que las distancias de desplazamiento serán cortas.

Mediante estudio de campo se considera tres regímenes de revoluciones del motor para el estudio del consumo de combustible en el centro histórico de Cuenca.

Los regímenes de revolución que se considera son a ralentí, 1500rpm y 2000rpm; ya que estos regímenes de revolución son utilizadas en momentos de parada, de arranque y desplazamientos cortos dadas las circunstancias de funcionamiento en dicho estudio.

3.4.1.5 Formas de Conducción

Las condiciones de manejo es un factor importante en nuestro análisis, en donde se considera la velocidad máxima de circulación y la forma de arranque, que generan un consumo de combustible considerable.

Los factores que repercuten en el consumo de combustible son los siguientes:

- Arranque y parada del vehículo
- Utilización del acelerador
- Uso de las marchas de forma adecuada

Al tener distancias de desplazamientos cortas en horas de máxima demanda, las formas de conducción serán similares, ya que solamente se considera paradas prolongadas y arranques lentos.

3.4.1.6 Condiciones de horarios de recorrido

Al establecer horarios y puntos conflictivos de prueba se consideró las horas pico de circulación por las zonas urbanas, así como las horas de libre circulación, para de esta forma someter a los vehículos a varios parámetros de funcionamiento y así recolectar información en el sistema de consumo y control de combustible a diferentes regímenes de funcionamiento.

3.4.1.7 Tipos de Motor

Al tener diversidad de flotas vehiculares en la ciudad de Cuenca y considerando los vehículos que circulan por el centro de la ciudad de Cuenca podemos definir para nuestro estudio cinco tipos de motores, 1000cc, 1400cc, 1600cc, 1800cc y 2000cc.

Se desprecia los vehículos con motores de cilindraje superiores a 2000, puesto a que la circulación de dichos vehículos se considera nula el centro de la urbe.

De igual manera no se considera buses, ya que disponen en su mayoría de un carril exclusivo para su desplazamiento por la ciudad, además por los puntos conflictivos que se realiza en el estudio no transitan buses.

3.4.1.8 Modelos de vehículos

Dentro de este apartado existen tres tipos de automóviles más generales como son turismos, camionetas y deportivos. Dentro del término camioneta existen varios tipos de vehículos como son: monovolúmenes, todoterrenos, pickups y furgonetas.

Para nuestro análisis en el centro histórico consideraremos dos tipos de modelos que son turismo y monovolúmenes.

3.4.2 Instrumento de Medición para las Pruebas

Para la realización de las pruebas de consumo de combustible es necesaria la utilización de ciertos elementos de medición que nos ayude en el estudio.

El instrumento principal para obtener el consumo de combustible es el siguiente:

3.4.2.1 Medidor de Flujo de Consumo de Combustible

El medidor de flujo es principalmente usado para obtener el consumo de combustible de diferentes vehículos. Este sensor es un dispositivo diseñado para captar o recibir la información de la magnitud física exterior, para luego dicha magnitud ser transformada en otra magnitud que normalmente es eléctrica. Figura 3.2

Con la magnitud del sensor de caudal transformada a una señal en la computadora del banco dinamométrico se puede observar los valores de consumo de combustible.

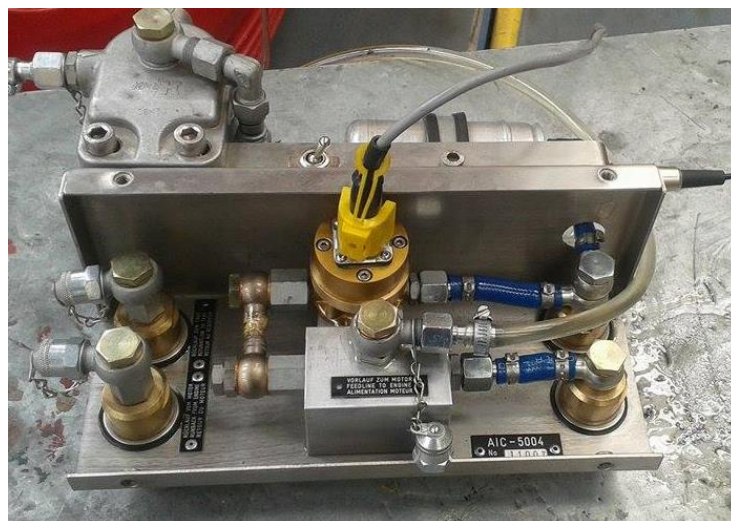


Figura 3.2 Sensor de Consumo de Gasolina

El sensor de flujo de combustible tiene un principio de medición volumétrica (Principio de pistón-anillo) el cual es controlado por un microprocesador contador de pulsos, teniendo una frecuencia o ancho de pulso de 7 ms. El rango de temperatura de trabajo es de -30 a 90 °C. (AICSystems, 2015)

El margen de error que puede generar este tipo de sensor es del 1%. En la siguiente figura 3.3 se indica el principio de funcionamiento del medidor de flujo AIC-5004.

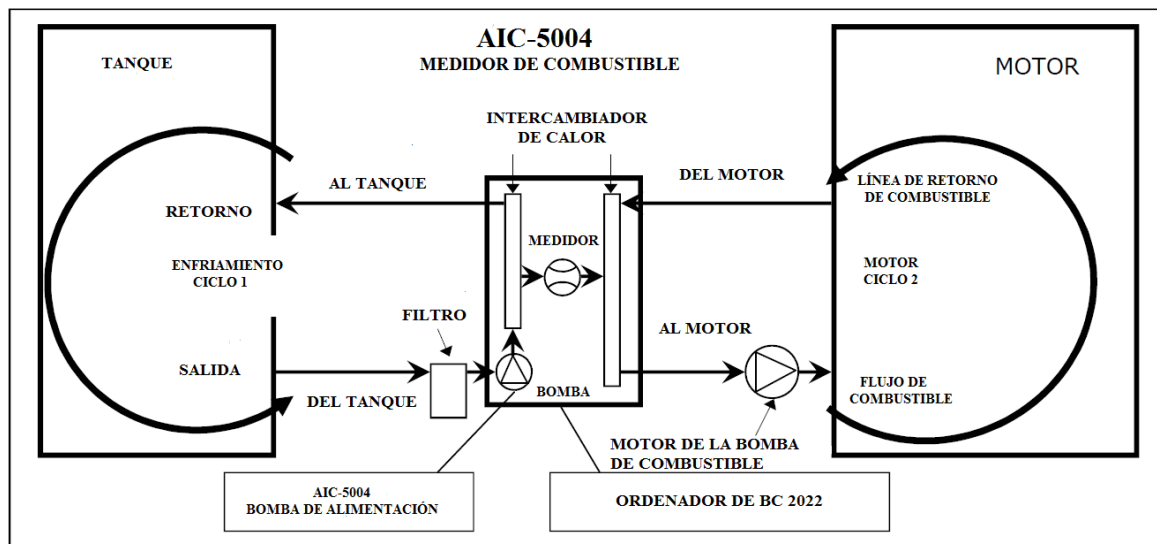


Figura 3.3 Principio de funcionamiento del medidor de flujo.

Fuente: (www.flowmeter-aic.com)

El medidor de combustible se compone de 3 partes básicas que son: una bomba de combustible eléctrica, un dispositivo de medición y un intercambiador de calor.

El medidor de consumo se monta entre 2 líneas de combustible:

- Ciclo 1 del lado del tanque: El combustible es impulsado por la bomba de combustible del medidor de flujo hasta el ciclo 2.
- Ciclo 2 del lado del motor: el combustible es consumido por el motor. El combustible no utilizado regresa hacia el ciclo 1 pasando por el intercambiador de calor.

Cuando el motor se encuentra en funcionamiento, el combustible es consumido. La falta de combustible en el ciclo 2 es aspirado fuera del circuito 1 al instante a través del medidor de combustible. Este flujo de combustible es el consumo del motor. (AICSystems, 2015)

3.4.3 Tamaño del experimento

Para la realización del estudio, es idóneo obtener el tamaño del experimento, ya que permita comprobar lo que se pretende obtener con buena seguridad y lo más cercano a la realidad.

La determinación de la capacidad del experimento se basa en tres aspectos o variables importantes en los que afecta al consumo de combustible en el modelo planteado.

3.4.3.1 Modelo del Vehículo (MV):

Se determina 2 modelos de vehículos para el análisis: Vehículos de Turismo (Auto) y Monovolumen.

3.4.3.2 Régimen de Funcionamiento (RF)

Se fija 3 muestras de análisis de funcionamiento: Ralentí, 1500rpm y 2000rpm.

3.4.3.3 Tipo del Motor (TM)

Para realizar el estudio se clasifican en 5 muestras 1000cc, 1400cc, 1600cc, 1800cc y 2000cc

Una vez establecidos las variables finales se procede al cálculo del tamaño del experimento.

$$n = MV * RF * TM$$

$$n = 2 * 3 * 5$$

$n = 30$ VEHICULOS

Según el cálculo se establece *30 vehículos* para realizar las pruebas de consumo de combustible

3.5 Resultados de las Pruebas

Una vez realizado el tamaño de la muestra, se procede a realizar las pruebas en base a los diferentes parámetros antes establecidos. Anexo 2.

3.5.1 Prueba realizada en vehículos de 1000 cc.

Prueba en ralentí: De las cinco pruebas realizadas, se tiene una media de 0.009 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.00145 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.4)

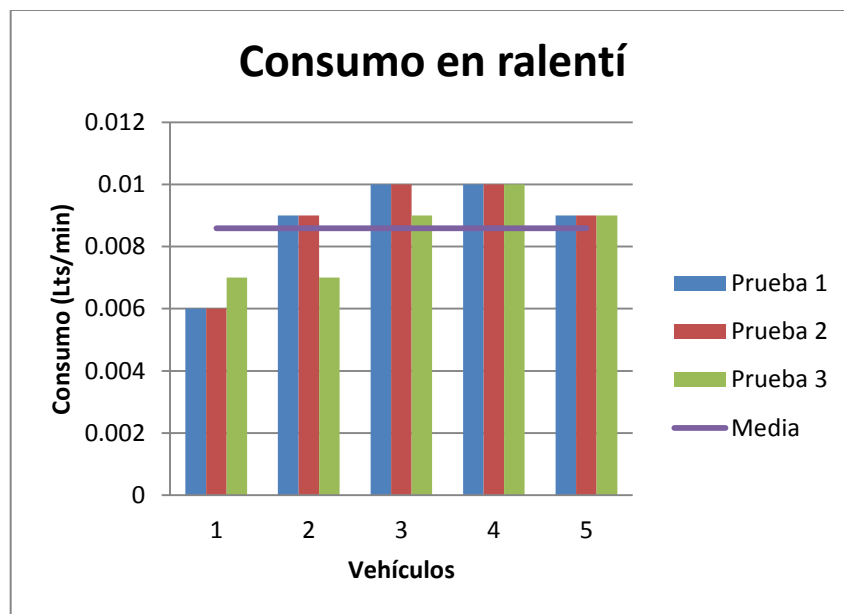


Figura 3.4 Consumo de combustible en ralentí

Prueba a 1500 rpm: De las cinco pruebas realizadas, se tiene una media de 0.011 lts/min, con una tendencia de variación de ± 0.00144 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.5)

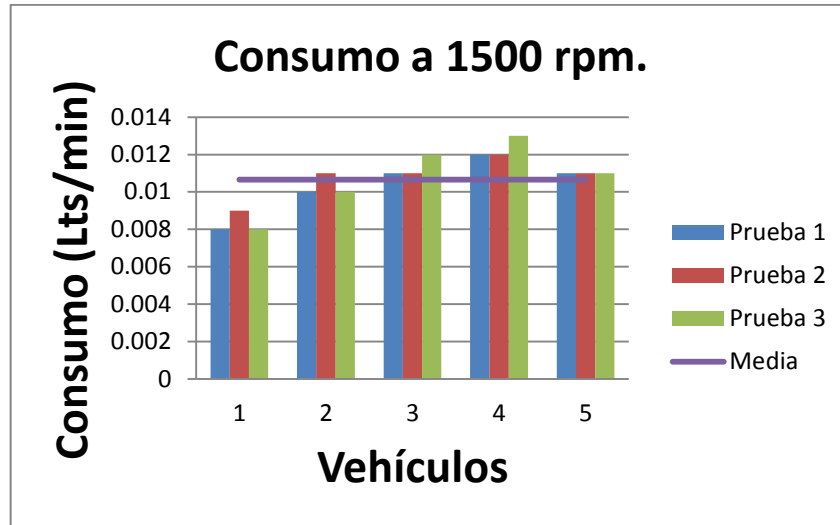


Figura 3.5 Consumo de combustible a 1500 rpm.

Prueba a 2000 rpm: De las cinco pruebas realizadas, se tiene una media de 0.015 lts/min, con una tendencia de variación de ± 0.0023 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.6)

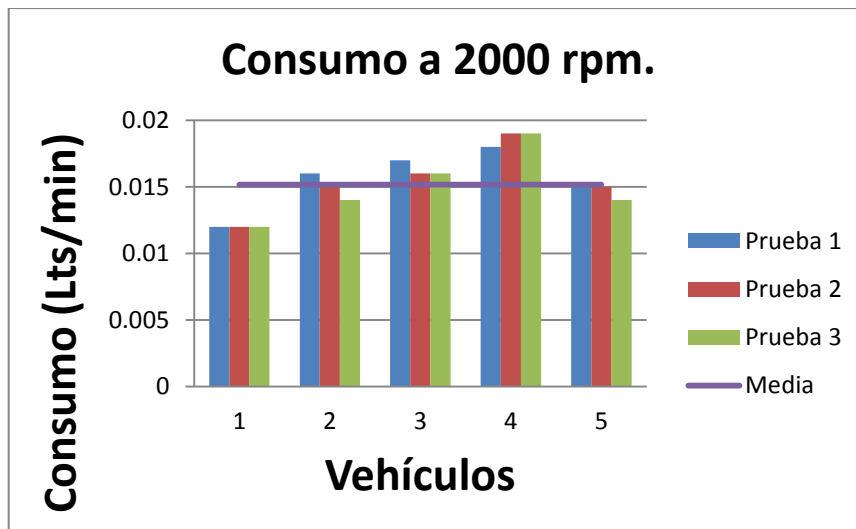


Figura 3.6 Consumo de combustible a 2000 rpm.

3.5.2 Prueba realizada en vehículos de 1400 cc.

Prueba a ralentí: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.011 lts/min, con una tendencia de variación de ± 0.0008 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.7)

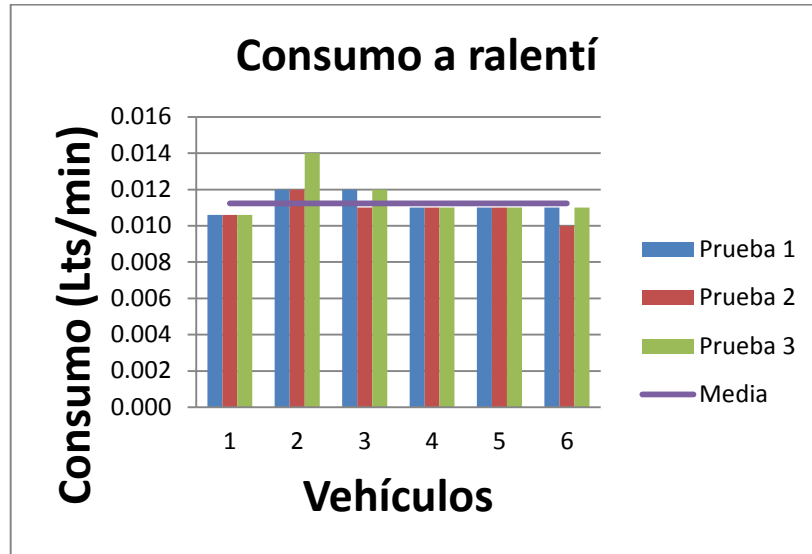


Figura 3.7 Consumo de combustible a ralentí.

Prueba a 1500 rpm: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.014 litros/minuto con una tendencia de variación de ± 0.0015 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.8)

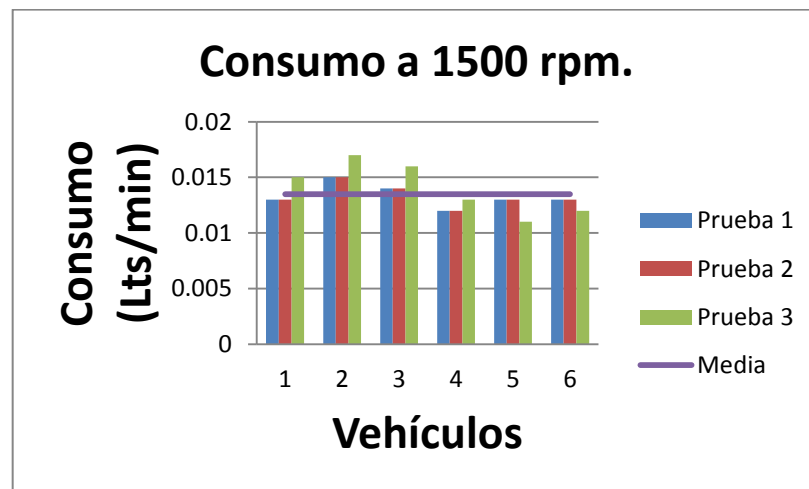


Figura 3.8 Consumo de combustible a 1500 rpm.

Prueba a 2000 rpm: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.022 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.00085 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.9)

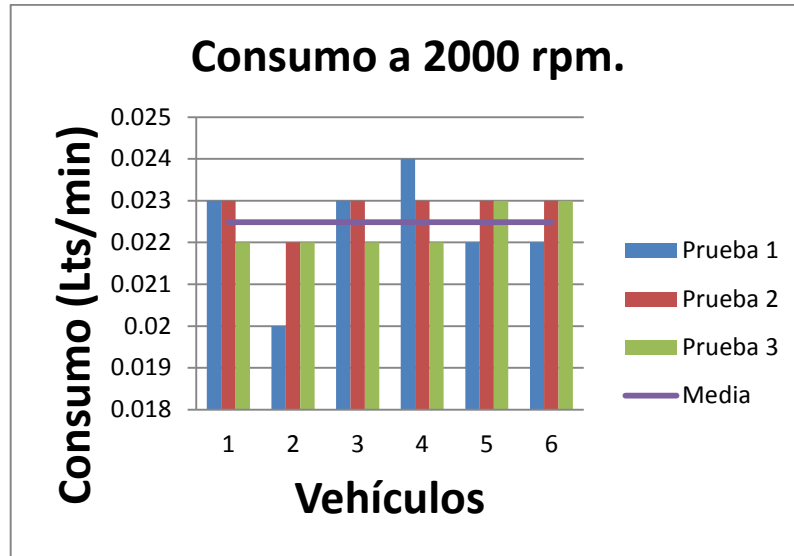


Figura 3.9 Consumo de combustible a 2000 rpm.

3.5.3 Prueba realizada en vehículos de 1600 cc.

Prueba a ralentí: De las siete pruebas realizadas, se tiene una media de 0.011 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0004 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.10)

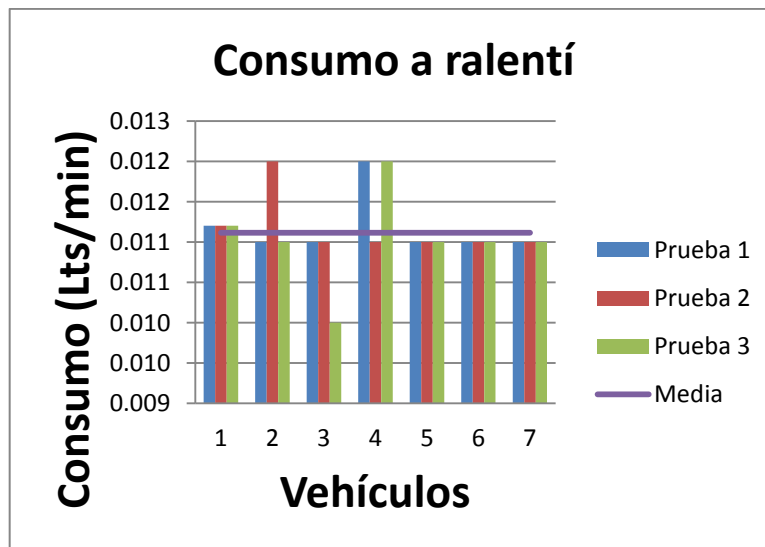


Figura 3.10 Consumo de combustible a ralentí.

Prueba a 1500 rpm: De las siete pruebas realizadas, se tiene una media de 0.020 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0044 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.11)

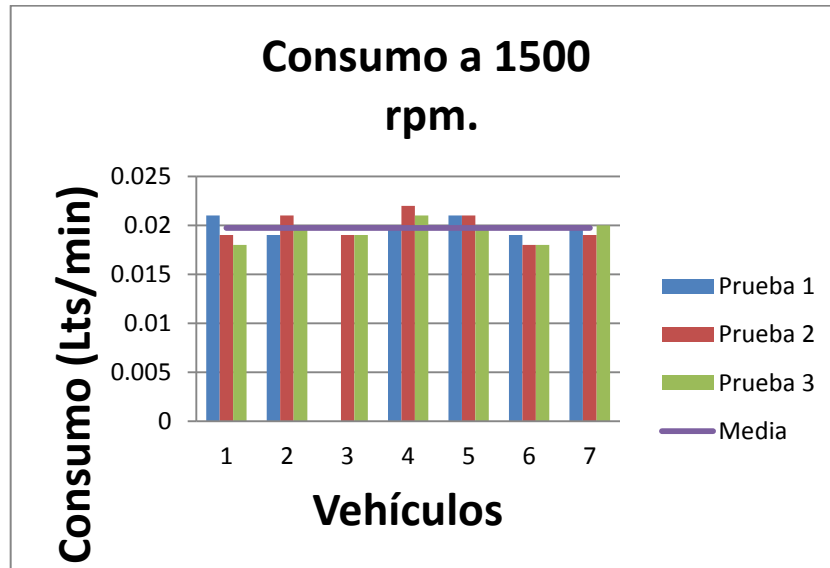


Figura 3.11 Consumo de combustible a 1500 rpm.

Prueba a 2000 rpm: De las siete pruebas realizadas, se tiene una media de 0.023 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0013 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.12)

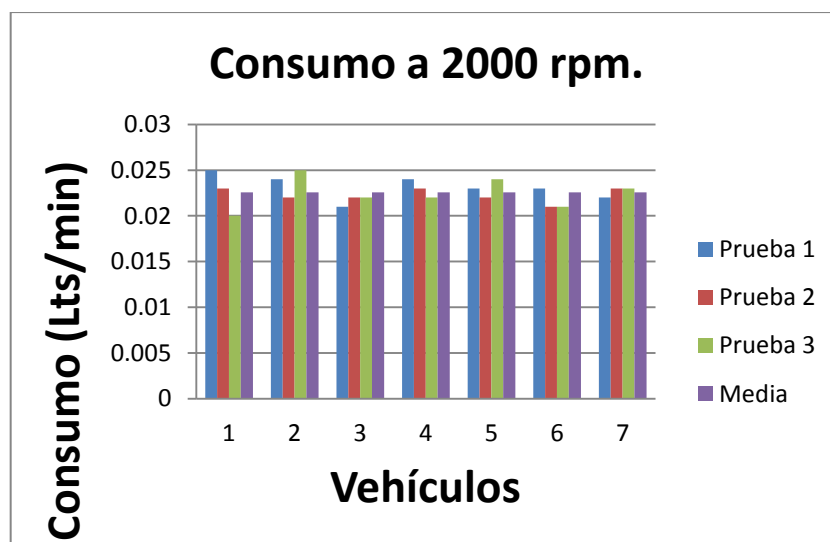


Figura 3.12 Consumo de combustible a 2000 rpm.

3.5.4 Prueba realizada en vehículos de 1800 cc.

Prueba a ralentí: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.011 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0005 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.13)

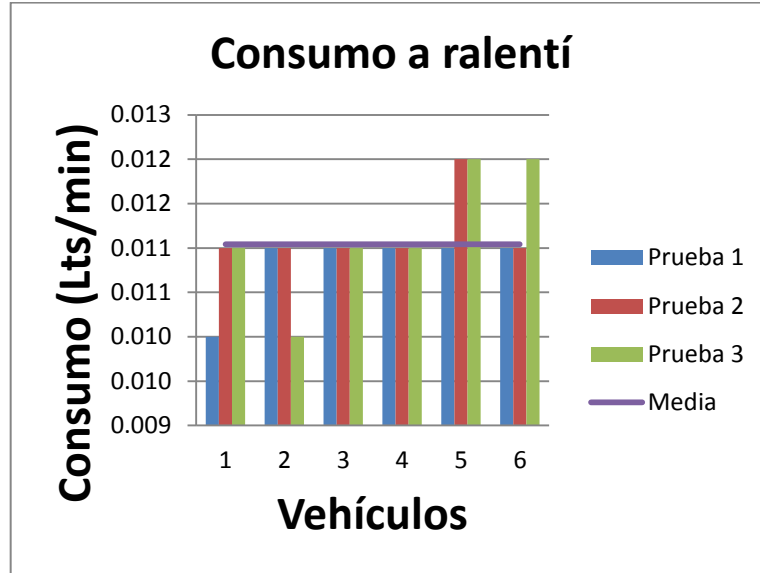


Figura 3.13 Consumo de combustible a ralentí.

Prueba a 1500 rpm: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.019 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0010 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.14)

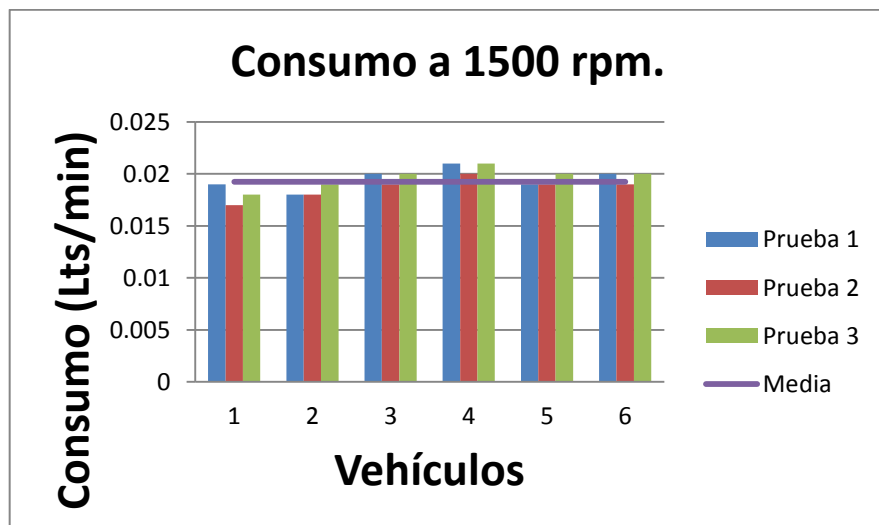


Figura 3.14 Consumo de combustible a 1500 rpm.

Prueba a 2000 rpm: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.024 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0008 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.15)

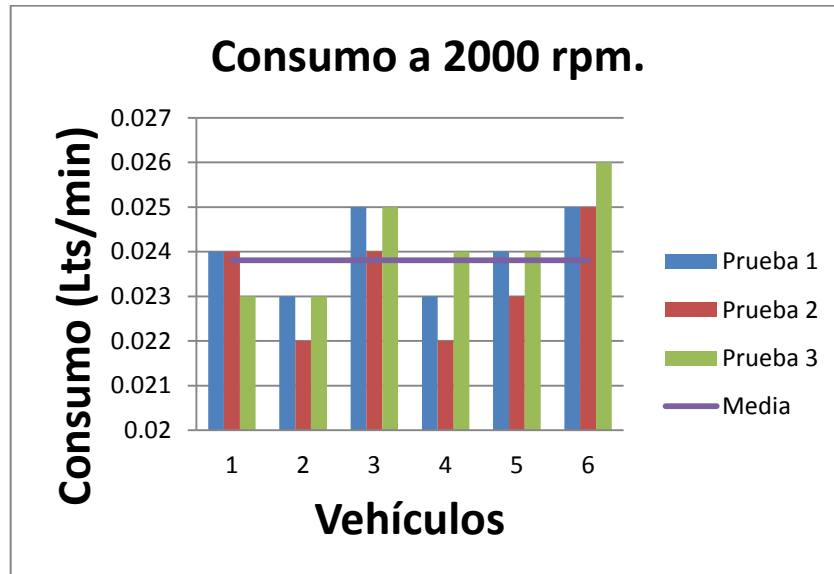


Figura 3.15 Consumo de combustible a 2000 rpm.

3.5.5 Prueba realizada en vehículos de 2000 cc.

Prueba a ralentí: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.012 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0005 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.16)

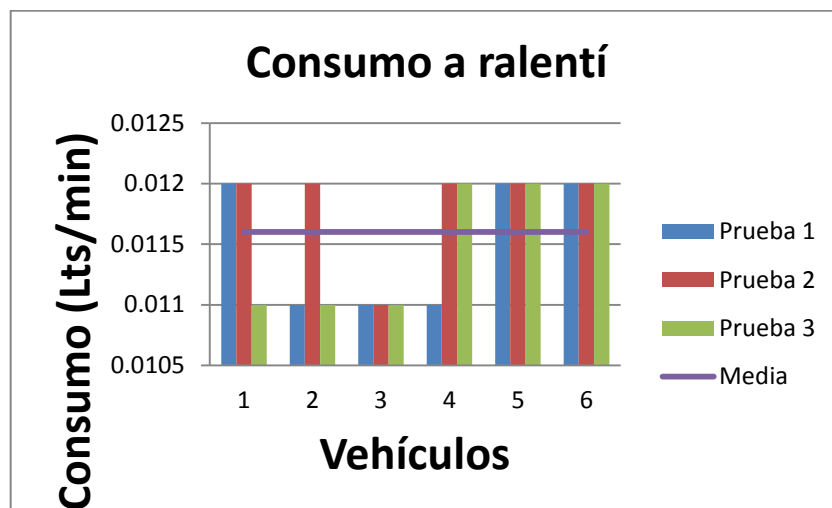


Figura 3.16 Consumo de combustible a ralentí.

Prueba a 1500 rpm: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.021 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0007 lts/min en referencia al consumo medio. (Figura 3.17)

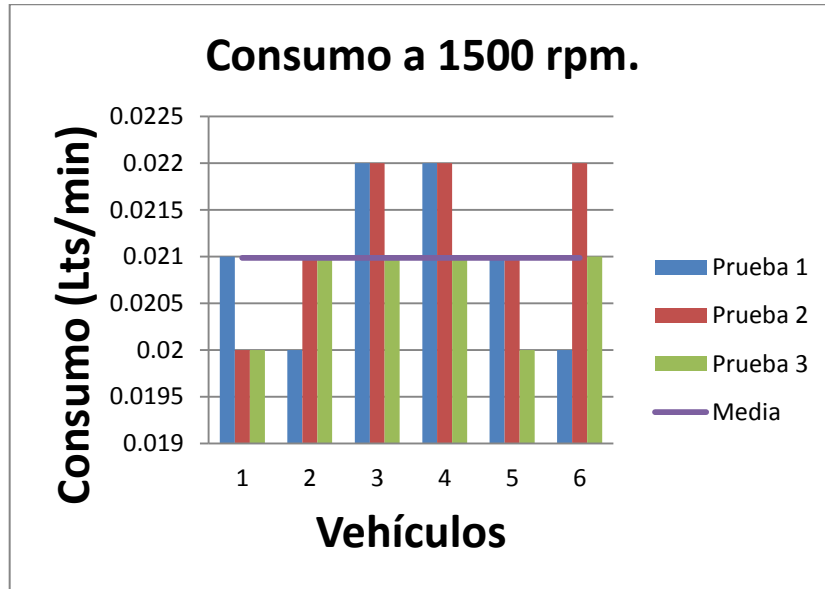


Figura 3.17 Consumo de combustible a 1500 rpm.

Prueba a 2000 rpm: De las seis pruebas realizadas, se tiene una media de 0.025 litros/minuto, con una tendencia de variación de ± 0.0006 lts/min. en referencia al consumo medio. (Figura 3.18)

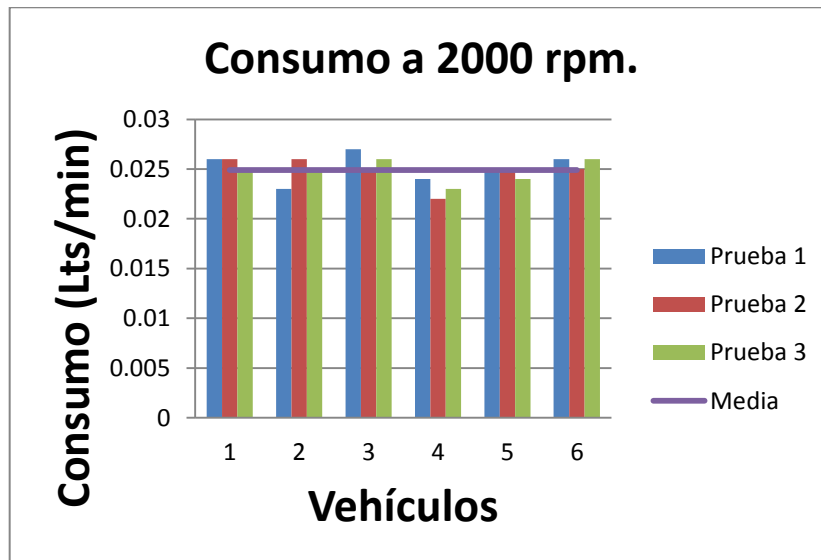


Figura 3.18 Consumo de combustible a 2000 rpm.

Los valores de la tabla 3.1 son el resultado de una media realizada de todas las muestras, para obtener así un consumo de combustible simulando el comportamiento vehicular en el tráfico urbano.

Consumo para	1000 c.c. (Lts/min)	1400 c.c. (Lts/min)	1600 c.c. (Lts/min)	1800 c.c. (Lts/min)	2000 c.c. (Lts/min)
Ralentí	0.009	0.011	0.011	0.011	0.012
1500 rpm	0.011	0.014	0.020	0.019	0.021
2000 rpm	0.015	0.022	0.023	0.024	0.025

Tabla 3.1. Consumo de combustible en función de la cilindrada de un motor a diferentes regímenes

En la figura 3.19 se representa en forma gráfica el promedio del consumo de combustible perteneciente a cada cilindrada en función de los regímenes de funcionamiento. La curva inferior constituye el consumo a ralentí de las cilindradas antes establecidas. La curva intermedia constituye el consumo a 1500 rpm de las cilindradas establecidas. La curva superior constituye el consumo a 200 rpm. de las cilindradas establecidas.

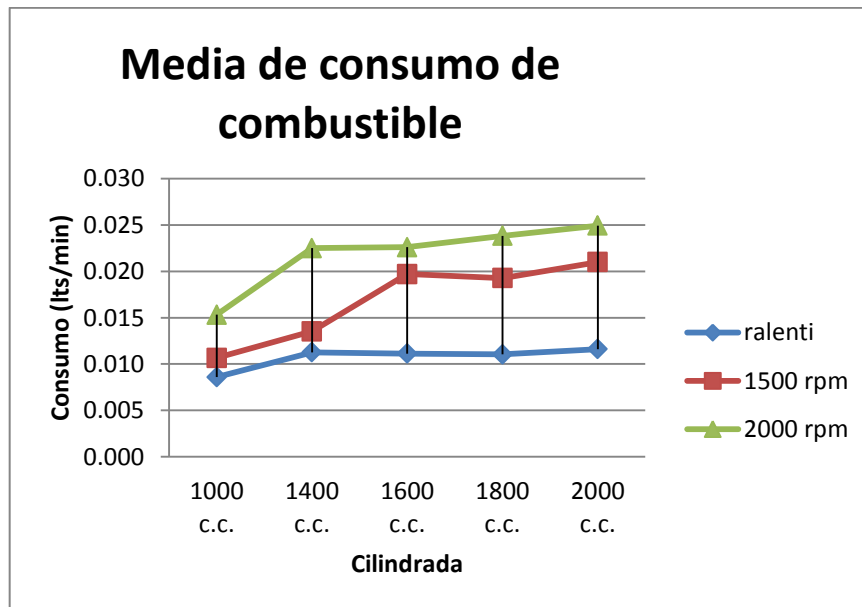


Figura 3.19 Media del Consumo de combustible.

3.6 Análisis económico generado por las intersecciones

Costo del Combustible

El coste del combustible depende del consumo del automóvil. Una vez que se conoce el consumo promedio por vehículo f_c (*lts/min*), se multiplica por la demora (en minutos) obtenida del capítulo anterior, posterior a esto se multiplica por el flujo vehicular por el precio del combustible por litro P_c . Así el coste unitario debido al consumo de combustible es:

$$C_c = f_c * D * V * p_c \quad \text{Ecuacion 4.1}$$

Donde;

C_c = Coste unitario del combustible

D = Demora por cada intersección

f_c = Consumo de combustible del vehiculo

p_c = Precio del combustible

V = Flujo vehicular

Para proceder a calcular costos de combustibles es necesario indicar el consumo de combustible por hora que se genera en cada intersección. Este consumo se obtiene multiplicando la demora ya calculada por el consumo obtenido de los vehículos con las cilindradas establecidas.

3.6.1 Consumo de Combustible a diferentes regímenes de revolución

Consumo a Ralentí: En la figura 3.20 se indica en forma gráfica el consumo de las diferentes intersecciones para las diferentes cilindradas establecidas. También se observa que el mayor consumo se va a producir en la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero (71) debido principalmente a que en dicha intersección se produce la mayor demora para la circulación vehicular.

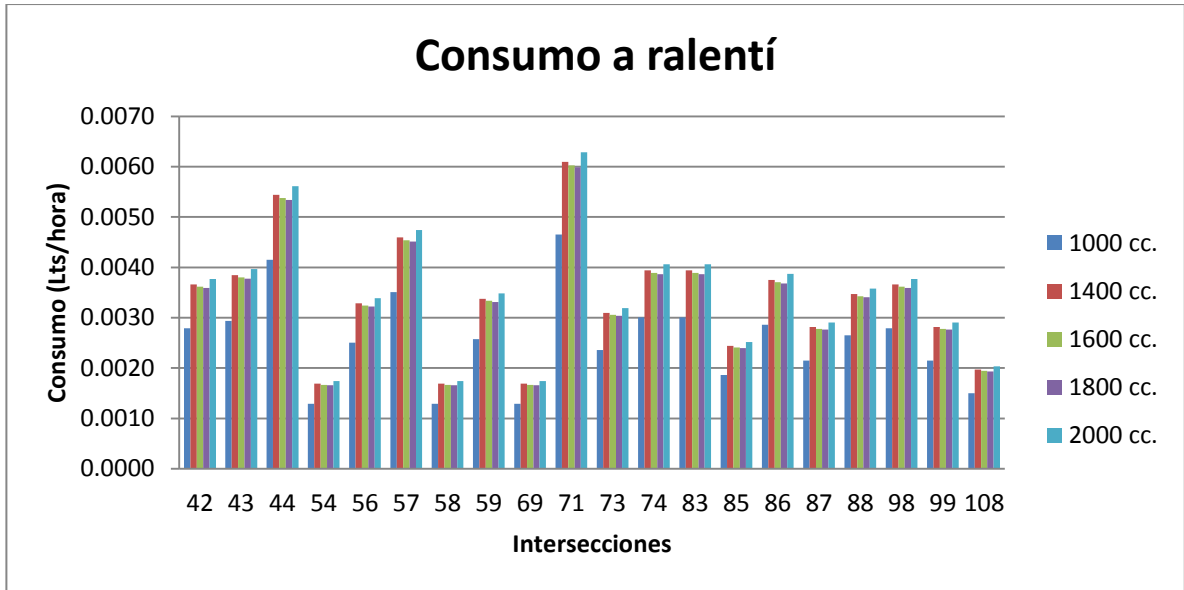


Figura 3.20 Consumo de combustible en las diferentes intersecciones a ralentí.

Consumo a 1500 rpm: En la figura 3.21 se indica en forma gráfica el consumo de las diferentes intersecciones para las diferentes cilindradas establecidas. También se observa que el mayor consumo se va a producir en la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero (71) debido principalmente a que en dicha intersección se produce la mayor demora para la circulación vehicular

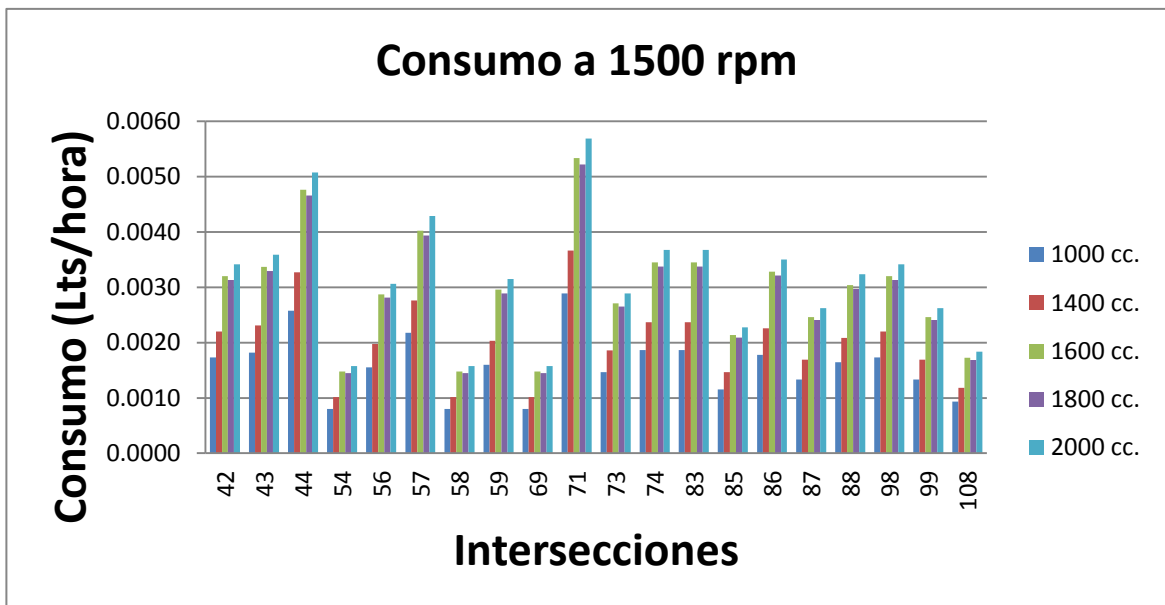


Figura 3.21 Consumo de combustible en las diferentes intersecciones a 1500 rpm.

Consumo a 2000 rpm: En la figura 3.22 se indica en forma gráfica el consumo de las diferentes intersecciones para las diferentes cilindradas establecidas. También se observa que el mayor consumo se va a producir en la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero (71) debido principalmente a que en dicha intersección se produce la mayor demora para la circulación vehicular.

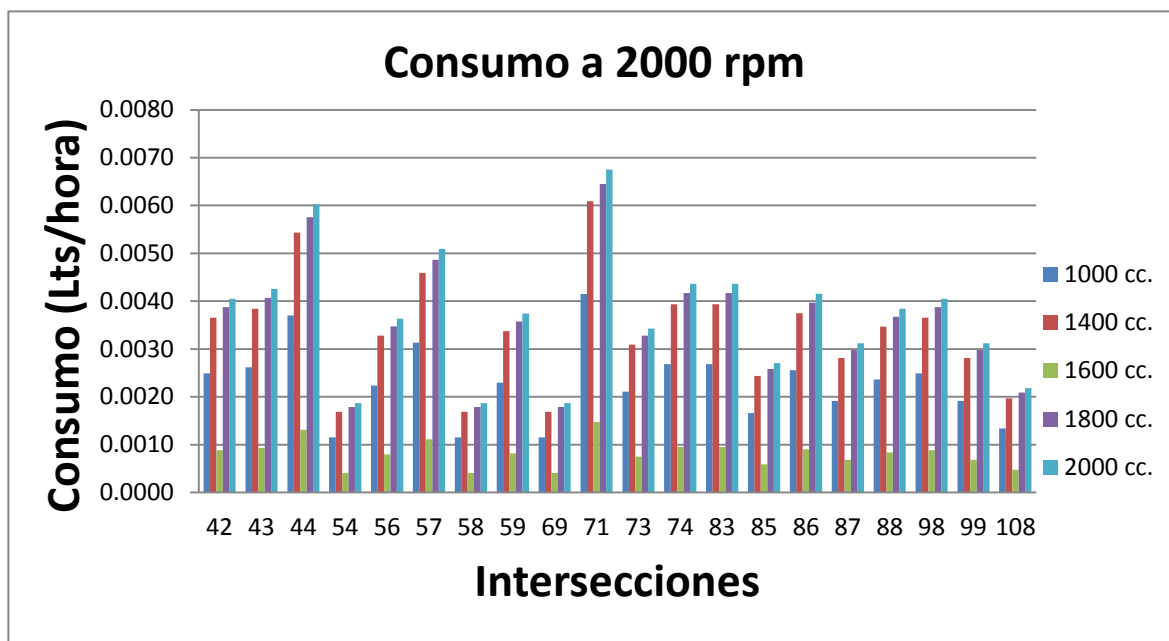


Figura 3.22 Consumo de combustible en las diferentes intersecciones a 2000 rpm.

3.6.2. Consumo Total Generado en las Intersecciones

Además para el cálculo del costo de combustible es necesario conocer la distribución vehicular. En la tabla 3.2, se indica la distribución y porcentaje de vehículos de diferente cilindrada que circulan por la intersección Simón Bolívar y Luis Cordero (71).

Flujo 1 hora (veh./hora)	Flujo (Vehículos/hora)				
	1000 cc.	1400 cc.	1600 cc.	1800 cc.	2000 cc.
736	84	204	132	168	108
185	12	48	24	36	24
179	24	60	36	48	36
258	24	60	36	48	36
Porcentaje	10.7	27.4	16.8	22.1	15.0

Tabla 3.2 Distribución vehicular.

Para determinar el consumo de combustible en las diferentes intersecciones, es necesario calcular la hora valle (Tabla 3.3.). Es decir teniendo el total de vehículos de la hora pico como 100 % del flujo máximo se procede a conseguir el porcentaje de circulación en las quince horas restantes del día.

Intersección.	Flujo hora pico (veh/hora)	Porcentaje %	Flujo hora valle (veh/hora)
42	1161	77.13	896
43	1189	75.63	899
44	1239	79.74	988
54	752	84.32	634
56	895	81.42	729
57	1042	63.92	666
58	719	84.75	609
59	796	50.78	404
69	722	84.55	610
71	1358	67.02	910
73	944	61.63	582
74	907	57.89	525
83	826	84.75	700
85	984	82.17	809
86	1107	87.25	966
87	907	79.41	720
88	837	86.76	726
98	1318	86.76	1143
99	1594	83.55	1332
108	874	85.26	745
Promedio Porcentaje		77.23	

Tabla 3.3 Cálculo de Hora Valle

A continuación se establece el consumo total por intersección (Tabla 3.4.) tanto para la hora pico como para la hora valle. Para calcular el consumo diario se procede a sumar la hora pico más las quince horas valle restantes.

Consumo (Lts.)							
Inter.	Consumo hora valle	Consumo 15 Horas	Consumo HMD	Total Día	Total Semana	Total Mes	Total Año
42	14.82	222.28	16.35	238.63	1193.16	4772.62	57271.48
43	15.64	234.63	17.61	252.24	1261.20	5044.80	60537.62
44	24.31	364.67	25.96	390.63	1953.15	7812.59	93751.03
54	4.84	72.64	4.89	77.53	387.63	1550.51	18606.15
56	10.82	162.31	11.31	173.62	868.12	3472.48	41669.78
57	13.85	207.72	18.44	226.16	1130.82	4523.26	54279.18
58	4.65	69.80	4.67	74.48	372.38	1489.53	17874.34
59	6.17	92.61	10.35	102.96	514.82	2059.28	24711.34
69	4.66	69.93	4.69	74.63	373.14	1492.54	17910.49
71	25.10	376.47	31.88	408.36	2041.78	8167.12	98005.41
73	8.15	122.18	11.25	133.43	667.16	2668.62	32023.49
74	9.36	140.34	13.76	154.10	770.49	3081.97	36983.66
83	12.47	187.11	12.53	199.64	998.20	3992.79	47913.50
85	8.92	133.80	9.24	143.04	715.20	2860.81	34329.68
86	16.39	245.88	15.99	261.87	1309.37	5237.49	62849.88
87	9.17	137.53	9.83	147.36	736.80	2947.19	35366.31
88	11.40	170.99	11.19	182.18	910.90	3643.61	43723.33
98	18.92	283.81	18.57	302.38	1511.91	6047.63	72571.50
99	16.95	254.27	17.27	271.54	1357.71	5430.86	65170.30
108	6.64	99.60	6.63	106.22	531.12	2124.50	25493.96
Total	243.24	3648.58	272.43	3921.01	19605.05	78420.20	941042.44

Tabla 3.4 Cálculo de Consumo por intersección.

En la figura 3.23 se indica el consumo en hora valle y en hora pico de las veinte intersecciones.

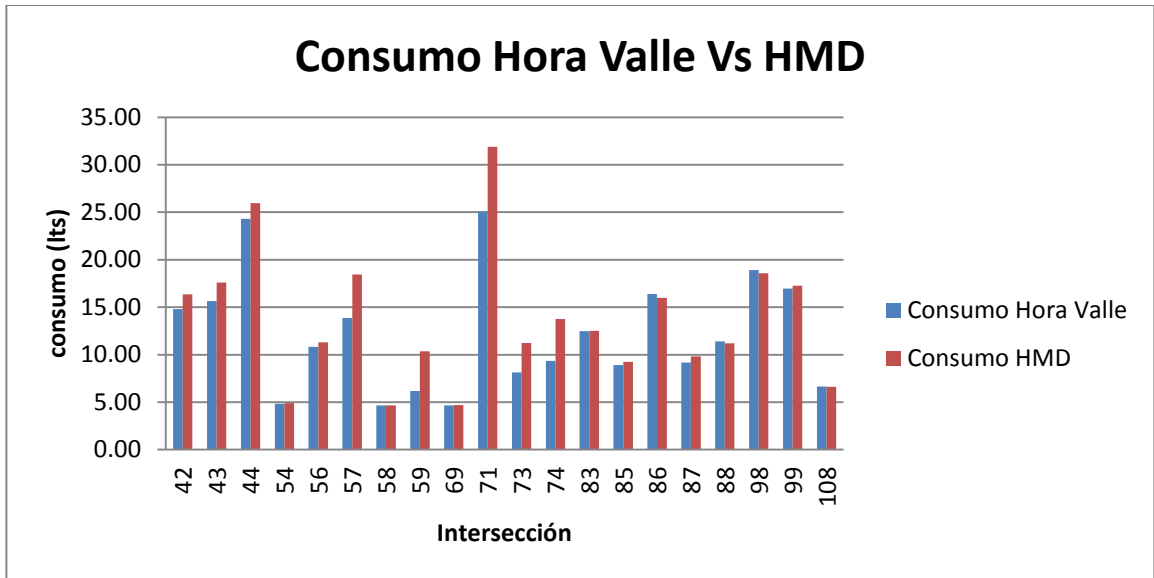


Figura 3.23 Consumo de combustible hora valle vs HMD.

3.6.3 Costo Total Generado en las Intersecciones

Luego de calcular el consumo total se procede a calcular el costo que genera la movilidad y el flujo de tráfico en las veinte intersecciones en estudio. El costo se representa en dólares por litro consumido. Tabla 3.5

Costo \$							
Inter.	Consumo hora valle	Consumo 15 Horas	Consumo HMD	Total Día	Total Semana	Total Mes	Total Año
42	8.59	128.92	9.49	138.41	692.03	2768.12	33217.46
43	9.07	136.09	10.21	146.30	731.50	2925.98	35111.82
44	14.10	211.51	15.05	226.56	1132.82	4531.30	54375.60
54	2.81	42.13	2.84	44.96	224.82	899.30	10791.57
56	6.28	94.14	6.56	100.70	503.51	2014.04	24168.47
57	8.03	120.48	10.70	131.17	655.87	2623.49	31481.92
58	2.70	40.49	2.71	43.20	215.98	863.93	10367.12
59	3.58	53.72	6.00	59.72	298.60	1194.38	14332.58
69	2.70	40.56	2.72	43.28	216.42	865.67	10388.08
71	14.56	218.35	18.49	236.85	1184.23	4736.93	56843.14
73	4.72	70.86	6.53	77.39	386.95	1547.80	18573.63
74	5.43	81.40	7.98	89.38	446.89	1787.54	21450.52
83	7.23	108.52	7.27	115.79	578.95	2315.82	27789.83
85	5.17	77.60	5.36	82.96	414.82	1659.27	19911.21
86	9.51	142.61	9.28	151.89	759.44	3037.74	36452.93
87	5.32	79.77	5.70	85.47	427.34	1709.37	20512.46
88	6.61	99.18	6.49	105.66	528.32	2113.29	25359.53
98	10.97	164.61	10.77	175.38	876.91	3507.62	42091.47
99	9.83	147.48	10.02	157.49	787.47	3149.90	37798.77
108	3.85	57.77	3.85	61.61	308.05	1232.21	14786.50
Total	141.08	2116.18	158.01	2274.19	11370.93	45483.72	545804.61

Tabla 3.5 Calculo del Costo total.

En la figura 3.24 se representa el costo por hora valle y por HMD generado en las veinte intersecciones del Centro Histórico de Cuenca.

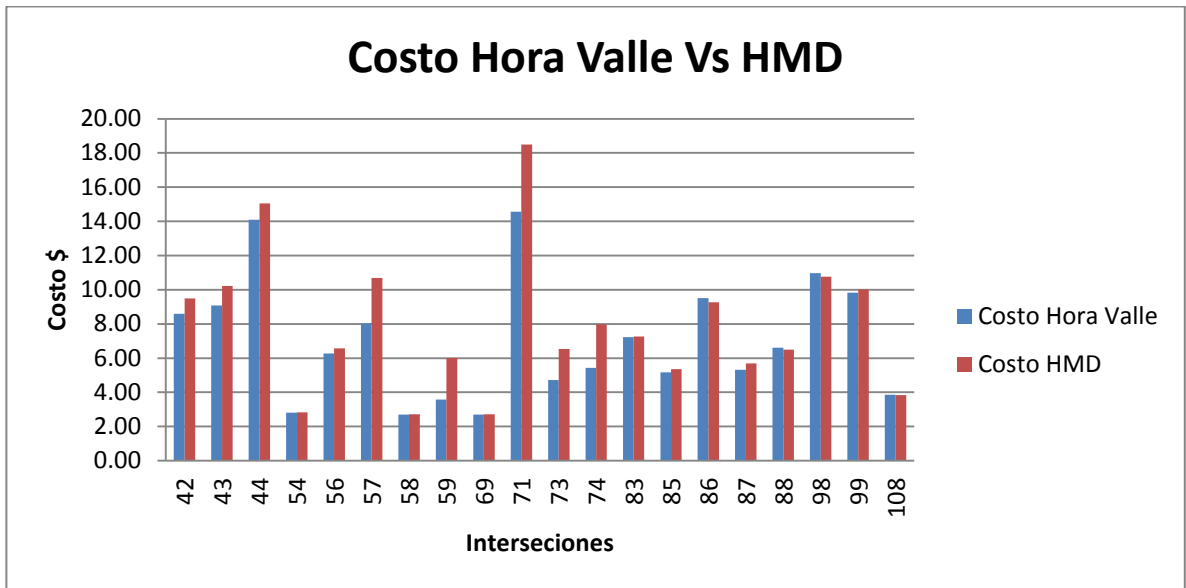


Figura 3.24 Costo de combustible hora valle vs HMD.

CAPITULO IV

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrollará propuestas de soluciones a los problemas que causan la congestión vehicular y para así poder disminuir su efecto económico. Para determinar las posibles soluciones se parte del análisis del capítulo 3 donde se establece el impacto económico causado por los niveles de servicio.

Para el desarrollo de este capítulo es necesario partir de los tipos de soluciones que existen en materia de tránsito y transporte.

4.2 Tipos de Solución

Se pueden enumerar tres tipos de solución al problema del tránsito, de modo que este se vuelva seguro y eficiente:

4.2.1 Solución integral

Este tipo de solución es causado por vehículos modernos sobre carreteras y calles antiguas, la solución integral consiste en construir nuevos tipos de vialidades que sirvan exclusivamente a ese tipo de vehículo. Se necesitara crear ciudades con trazo nuevo, revolucionario, con calles destinadas alojar al vehículo moderno, con todas las características inherentes al mismo.

Esta solución es casi imposible de realizarla en las ciudades actuales, por el alto costo que implica, ya que se tendría que reestructurar el sistema vial y el de los edificios y casas se necesitaría empezar por eliminar casi todo lo existente llevando de dicha forma a una modificación urbana total.

4.2.2 Solución parcial de alto costo

Esta solución implica sacar el mejor provecho posible de lo que se tiene en la actualidad, se requiere ciertos cambios que implican diferentes tipos de inversiones.

Existen casos críticos, como calles angostas, capacidad restringida, falta de control en la circulación. Entre las medidas que se pueden llevar a cabo están, el ensanchamiento de calles, modificación de intersecciones rotatorias. Creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados.

La solución parcial de alto costo es establecida a largo tiempo, teniendo una duración de 10 a 15 años, esto se debe fundamentalmente al crecimiento tanto de vehículos como de los habitantes, de esta manera teniendo en cuenta la proyección de los mismos, se llegaría a una saturación en este periodo de tiempo. (Cal y Mayor R, James Cárdenas, 2007)

4.2.3 Solución parcial de bajo costo

Este tipo de solución consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones ya existentes, es decir, con el número mínimo de obra material y el máximo en cuanto a regulación funcional del tránsito, a través de técnica mejorada, así como disciplina y educación por parte del usuario.

Se incluye, entre otras cosas, la legislación y reglamentación apropiadas a las necesidades del tránsito, las medidas necesarias de educación vial, la canalización del tránsito a bajo costo, la facilidad para la construcción de terminales y estacionamientos. (Cal y Mayor R, James Cárdenas, 2007).

4.3 Propuestas de Solución

A continuación se presenta las posibles propuestas de solución, realizando una comparación con una intersección para observar las diferencias que se producen al aplicar dichas propuestas. La intersección que se utilizó como ejemplo debido a que existe un alto flujo de vehículos es la Mariscal Lamar y Mariano Cueva (Intersección 44).

4.3.1 Sistema de Transporte Público

El sistema de transporte público puede llegar a ser una de las soluciones al tráfico más gastadas, pero a su vez se obtendría buenos resultados al problema del caos vehicular.

El transporte público es capaz de trasladar a un gran número de personas al mismo tiempo, ayudando a que las vialidades no se saturen en gran magnitud.

Un autobús, por ejemplo, puede transportar en promedio a 80 personas a la vez y un automóvil 1.3 personas, entonces, un bus representa a 60 vehículos livianos. (GabinoGómez, 2013).

Así, con la regulación, el uso masivo de transporte público, optimiza el espacio público y mejora la movilidad. Figura 4.1

La opción más viable para reducir el tránsito vehicular es que la gente use más el transporte público y que el vehículo particular sea auxiliar; con lo dicho anteriormente, resultaría positivo impulsar el uso del transporte público.



Figura 4.1. Movilidad con y sin transporte público

Fuente: (EMMOP-Q, 2015)

Para que el transporte público realmente sea una solución al tráfico, no solo se necesitaría que fuera confiable y eficiente, sino también que el ciudadano promedio estuviera dispuesto a utilizarlo aún sobre su vehículo privado. (GabinoGómez, 2013)

Transporte Público en Curitiba

*La ciudad de **Curitiba**, capital del estado de Paraná, al sur de Brasil, es una de las metrópolis brasileñas con más autos por cantidad de habitantes, sin embargo la calidad del transporte público hace que nadie llegue tarde a ningún lado gracias a una red integrada de colectivos que circula por carriles exclusivos con una alta frecuencia.*

Se desarrollan tres conceptos básicos para el éxito del transporte público: prioridad, integración y calidad. (LaNacion, 2008).

La ciudad se ha planificado de tal manera que las mayores concentraciones de población se encuentren a los lados de las líneas del sistema de autobuses rápidos.

Los autobuses circulan en carriles exclusivos, totalmente apartado del resto del tráfico de la ciudad (Figura 4.2); y por último el sistema cuenta con un gran número de autobuses de diferentes tamaños, adaptados a las necesidades de cada zona urbana. (EricaChaves, 2008)

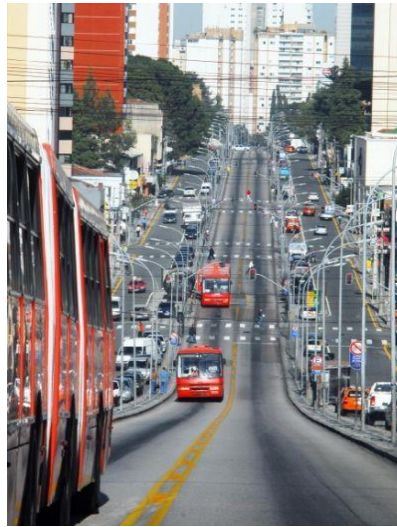


Figura 4.2 Transporte Público en la ciudad de Curitiba

Fuente: (EricaChaves, 2008)

Transporte Público en Quito

En el Distrito Metropolitano de Quito también posee un sistema de transporte público que funciona mediante tres sistemas integrados de transporte y son: Trolebús, Ecovía y Metrobus Q.

El sistema de alimentadores consiste en buses entre estaciones de transferencia y los barrios alrededor de la ciudad de Quito.

Este sistema de transporte público basa su capacidad en el número de unidades disponibles, la provisión de un carril exclusivo para garantizar una velocidad adecuada, la capacidad de la estación, el prepago antes de ingresar al bus para disminuir el tiempo de parada, la alta frecuencia del servicio que disminuye los tiempo de espera en el andén y la confiabilidad en el tiempo de recorrido. (A&VConsultores, 2014)

Todos estos factores hacen que este sistema tenga éxito y la movilidad en la ciudad sea rápida y eficiente; sin embargo con el aumento de la población y el incremento de vehículos hace que los sistemas de transporte antes mencionados colapsen, por lo que se tenga que planificar otras soluciones para las movilidad.

Teniendo en cuenta lo anterior Quito ha comenzado con la construcción de un nuevo sistema de transporte público que es El Metro, el cual es un ferrocarril subterráneo que ayudará a que la movilidad en Quito sea eficaz y rápida.

Mejoras al Transporte Público

1. Creación de carriles exclusivos y o preferenciales, esto permite que se dé prioridad al transporte público y fluya a una velocidad adecuada, que nos permita llegar a nuestro destino a tiempo.
2. Las paradas a su vez deben ser lo suficientemente cómodas y seguras, fácilmente identificables.
3. Sistema de buses tipo con gran capacidad de pasajeros sentados y a pie en condiciones relativas de comodidad.
4. Fácil acceso a pie a las paradas desde cualquier punto del barrio.
5. Alimentadores que lleguen a todos los barrios, con un sistema integrado de transporte, con terminales y centrales de transferencias distribuidos en los puntos clave.
6. Frecuencias de acuerdo a la demanda y en todos los horarios, y con un buen trato al usuario.
7. Combinar los modos de transporte para así tener la posibilidad de llegar en bicicleta o en auto hasta la estación o parada, parquearlos en un sitio seguro y continuar el viaje en transporte público.
8. Los empresarios del transporte y los chóferes deben comprometerse a brindar el mejor servicio de tal manera que los usuarios no extrañen el auto privado.
(AsociaciondePeatoneseDeQuito, 2015)

Desventajas del Transporte Público

1. Realizan recorridos fijos, tienen rutas especificadas.
2. Tienen horarios fijos de recorrido, suelen andar a un horario, por lo que los pasajeros tienen que estar en la estación a cierta hora.
3. La falta de higiene en muchas ocasiones.
4. En muchas ocasiones, el transporte está saturado y no se puede disponer del servicio.
5. Limita el transporte de equipaje.
6. No existe la adecuación necesaria de los buses para las personas de capacidad diferente.

En la intersección 44 circulan 830 vehículos por la calle principal y 409 vehículos por la calle secundaria. (Tabla 4.1)

	TOTAL DE VEHICULOS	
	CALLE 1	CALLE 2
VEHICULOS EN UNA INTERSECCION	830	409

Tabla 4.1. Total de vehículos de la Intersección 44

Al aplicar el índice ocupacional vehicular de 1.3 personas por vehículo y teniendo en cuenta que en promedio, un bus transporta 30 personas, entonces los 830 vehículos serían remplazados por 36 buses mientras que los 409 vehículos serán remplazados por 18 buses. Por lo tanto se tiene una reducción del 95.64% del total de los vehículos.

Figura 4.3

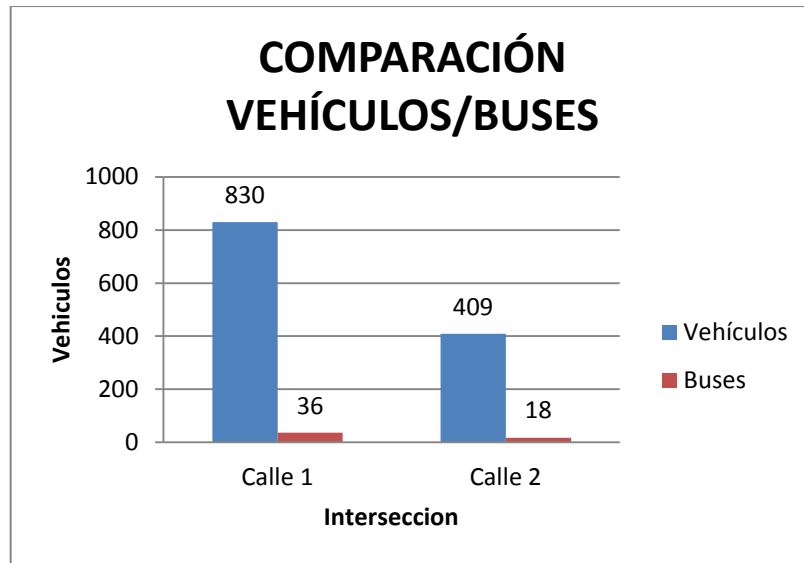


Figura 4.3 Comparación entre Vehículos vs. Buses.

Analizando la demora tenemos una reducción de 40 seg, es decir obtendríamos una disminución del 68.96%. Por lo que el nivel de servicio se transforma de un nivel E a un Nivel C. Figura 4.4

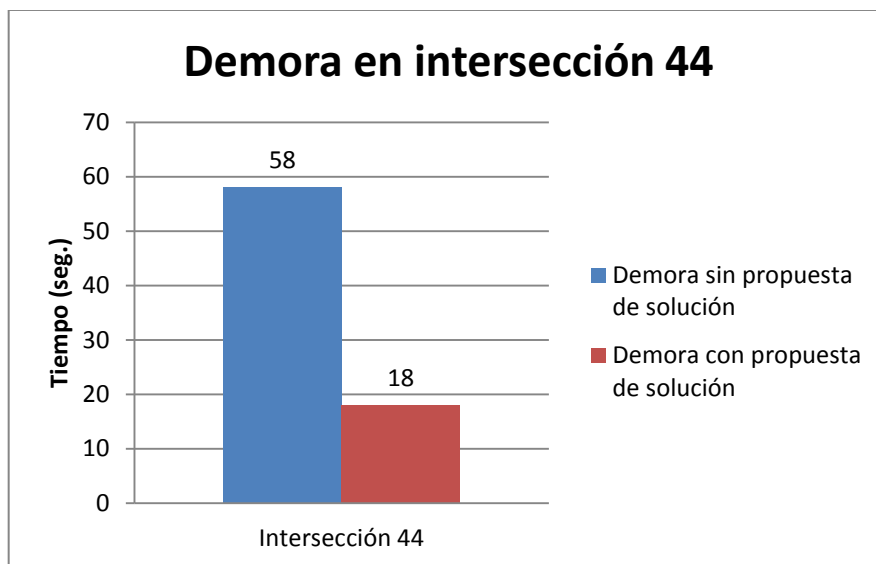


Figura 4.4 Demora Aplicada el sistema de transporte público.

Analizando la propuesta de solución del transporte público en lo referente a costos tenemos una disminución de \$ 14.35 en la hora de máxima demanda. En la figura 4.5 se expresa en forma gráfica estos resultados.

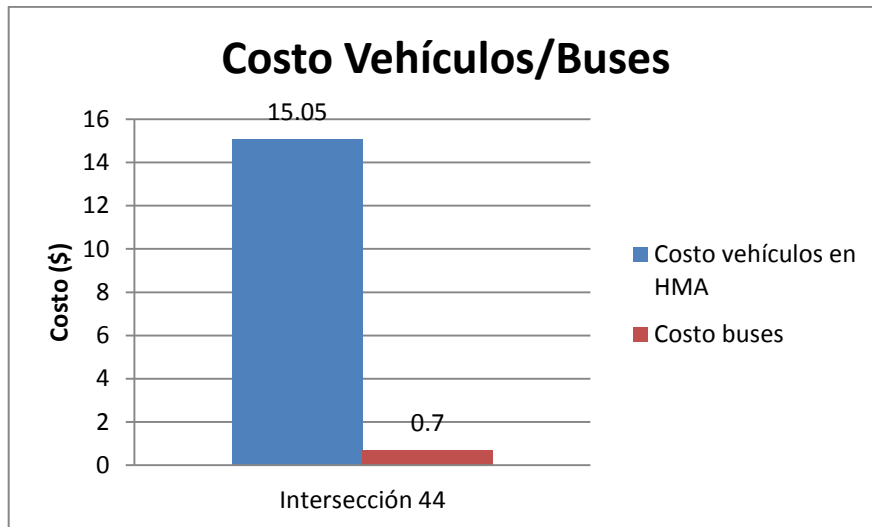


Figura 4.5 Costo vehículos vs buses.

Resulta difícil que el 100% de la población utilice transporte público, por lo que se analizará que sucede si el 20% de la población se moviliza en transporte público.

Se tiene que de los 830 vehículos al aplicar el 20% de la propuesta de solución, se reducen a 664 automóviles y 7 buses, mientras que para los 409 vehículos se reducen a 327 automóviles y 4 buses. Por lo tanto se tiene una reducción del 19.21% del total de los vehículos. Figura 4.6

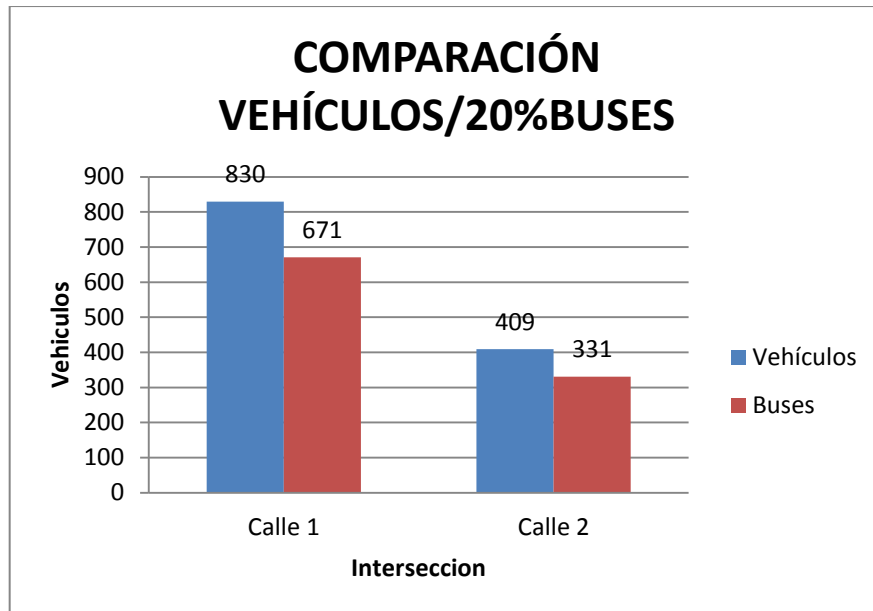


Figura 4.6 Comparación entre Vehículos vs. EL 20 % Buses.

Analizando la demora tenemos una reducción de 27 seg, es decir obtendríamos una disminución del 53.45%. Por lo que el nivel de servicio se transforma de un nivel E a un Nivel D. Figura 4.7

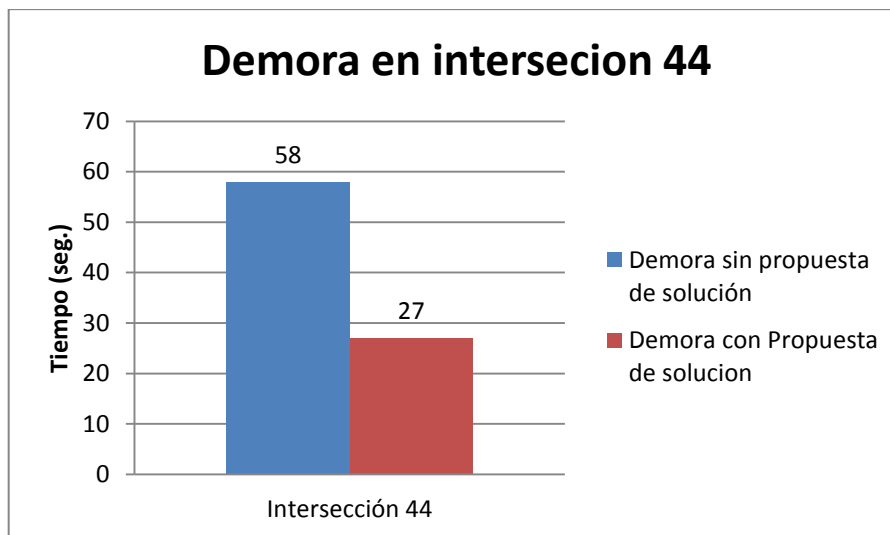


Figura 4.7 Demora Aplicada el sistema de transporte público.

Analizando la propuesta de solución del transporte público en lo referente a costos tenemos una disminución de \$ 7.84 en la hora de máxima demanda. En la figura 4.8 se expresa en forma gráfica estos resultados

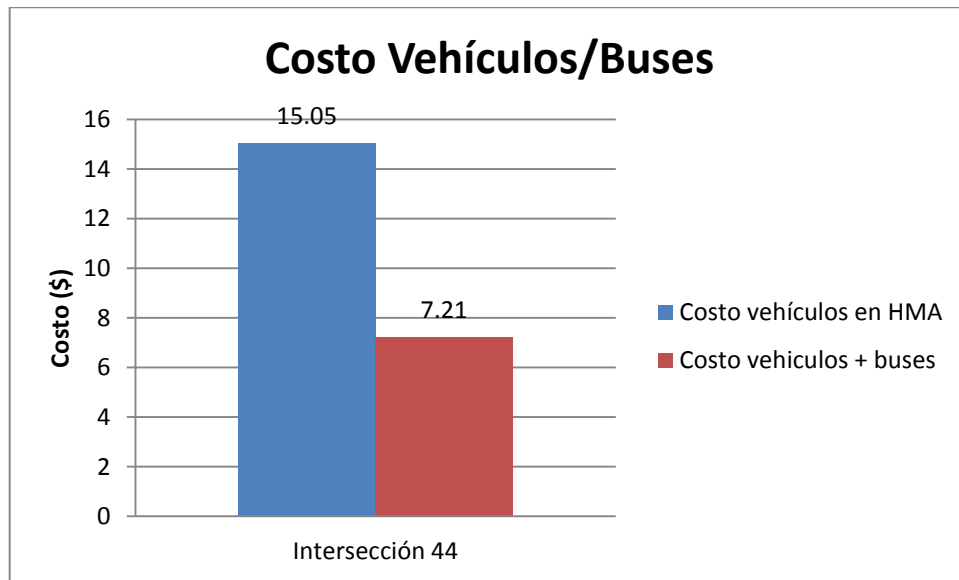


Figura 4.8 Comparación de costos entre Vehículos vs. 20% Buses.

4.3.2 Red de Ciclovías Urbanas

Una de las alternativas para disminuir el caos vehicular que se genera diariamente es la construcción de espacios para la utilización de la bicicleta como transporte; al mismo tiempo el ciclismo urbano mejora la calidad de vida del usuario, además aporta beneficios para la sociedad y el medio ambiente.

Como propuesta de solución se implementa un sistema integrado de transporte, (SIT) que pretende juntar diferentes medios de transporte y así animar a los ciudadanos a utilizarlo en lugar de conducir sus vehículos hacia el Centro Histórico.

En el transporte público, en el año 2014 se desarrolló la colocación de portabicicletas retráctiles para impulsar el uso de la bicicleta como alternativa de transporte, de igual

con este proyecto se pretende transportar fácilmente este artículo, evitando molestias para los pasajeros por el espacio existente dentro de las unidades. (ElMercurio, 2014)

Este sistema permite que las personas puedan combinar el transporte público con la bicicleta, para así parquearlo en un sitio establecido y continuar el viaje en transporte público o en bicicleta, según corresponda.

Sin embargo en la actualidad casi en la totalidad de estos dispositivos colocados en los buses se encuentran vacíos, lo que significa que no hacen uso del mismo.

Para desarrollar una red de ciclovías urbanas, las vías planteadas generan una red de ejes longitudinales y transversales que se emplazan sobre toda la trama urbana cubriendo zonas residenciales, comerciales, turísticas, deportivas y administrativas. (Movere, 2015)

Para efectos de mejor organización espacial, se plantea tomar en cuenta la sectorización de las ciclovías propuesta en la figura 4.9.



Figura 4.9 Sectorización de Ciclovías Urbanas de Cuenca
Fuente: (Movere, 2015)

De esta manera, el trazado de la red de ciclovías urbanas de Cuenca quedaría como se ilustra en la figura 4.10.

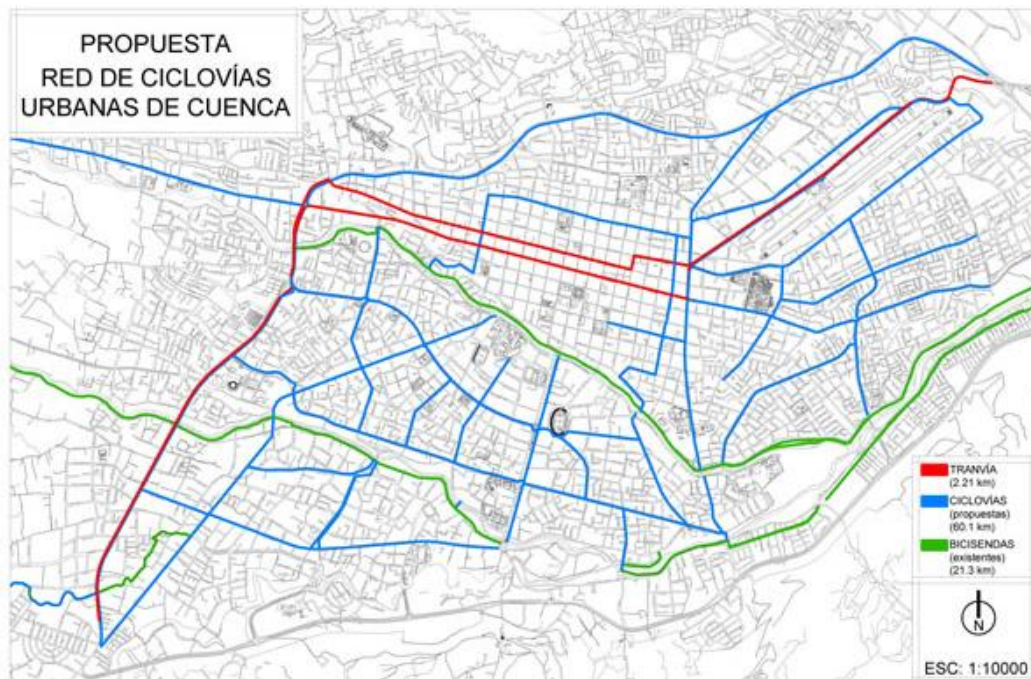


Figura 4.10 Propuesta Red de Ciclovías Urbanas de Cuenca
Fuente: (Movere, 2015)

Ventajas del Ciclismo Urbano como Medio de Transporte

1. Supone relativamente poco peligro para otros ciudadanos.
2. Bajo coste de mantenimiento técnico en comparación con cualquier otro transporte público o privado.
3. Los ciclistas urbanos disfrutan en general de una mayor productividad en sus trabajos.
4. El ciclismo urbano no produce ningún tipo de contaminación atmosférica
5. Ocupa menos espacio público que los vehículos de motor; como promedio se obtiene, que *un vehículo utiliza el espacio de ocho bicicletas.*
6. No presenta problemas de aparcamiento; en cualquier sitio cabe una bicicleta: en una plaza de aparcamiento de un coche, más los espacios accesorios correspondientes, *caben una docena de bicicletas*

7. Desde el punto de vista del tráfico y la seguridad vial, una disminución en el número de coches que circulan por la ciudad y un aumento del uso de la bicicleta, mejoraría la fluidez del tráfico y se podrían solucionar muchos problemas de atascos.

Desventajas del Ciclismo Urbano como Medio de Transporte

1. El riesgo de robo de una bicicleta a comparación de un automotor es más alto debido a la facilidad con la que se puede transportar.
2. Por algún extraño motivo, el vandalismo se ceba en las bicicletas más que en los vehículos de motor.
3. El ciclismo urbano se percibe como más peligroso para el ciclista debido en gran parte a la presencia de vehículos de motor más pesados y a mayor velocidad
4. La capacidad de carga y almacenamiento de una bicicleta es menor que la de la mayoría de los vehículos automotores
5. El ciclismo implica cierta actividad física, si se pedalea intensamente, se favorece la sudoración y el posible consiguiente problema de olor corporal, lo cual puede generar dificultades concernientes a los códigos de vestimenta.
6. La falta de cultura vial a la bicicleta.
7. La falta de leyes que amparen al ciclista.

4.3.3 Sistema de Bicicletas Públicas

Se puede montar o implementar sistemas de bicicletas públicas, que es una alternativa de movilidad para viajes cortos urbanos que abaratan costos de combustibles tanto para el Gobierno o Municipio contratante como para los ciudadanos que quieren llegar antes a su lugar de destino.

El sistema para bicicletas publicas llamado ONROLL está operando con éxito en más de 47 ciudades europeas. Figura 4.11



Figura 4.11 Sistema de Bicicletas Publicas
Fuente: (Movere, 2015)

El sistema de préstamo Onroll basa su funcionamiento en una gestión mediante mensajes cortos (SMS) de móvil que permite liberar la bicicleta y notificar su devolución. (Movere, 2015)

Utilizan una plataforma de servicios Domoblue, que es una red que conecta máquinas de uso público con servidores informáticos. Éstos gestionan la información y ordenan acciones a dichas máquinas, es una plataforma flexible y escalable, que tiene unos costos de mantenimiento reducidos. (Movere, 2015)

Bicicletas Públicas en México D.F.

ECOBICI es un sistema de bicicletas públicas de cuarta generación, que implemento el Gobierno del Distrito Federal como parte de la Estrategia de Movilidad en Bicicleta. Desde la puesta en marcha en febrero del 2010, es gestionado por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, inicio operaciones con 85 ciclo estaciones y actualmente cuenta con 444 con un área de cobertura de 32 km² en 42 colonias de las Delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, con una proyección de crecimiento.

ECOBICI, una alternativa de movilidad, que funciona como eficaz complemento a los sistemas de transporte. Es un factor de cambio que ayuda a resolver problemas de movilidad en una de las ciudades más grandes del mundo. (Ecobici, 2015)

El resultado ha sido satisfactorio, a tal punto que existe una lista de espera de 15000 usuarios, de acuerdo con los datos proporcionados por las autoridades; el uso de las bicicletas públicas indica que, después de 3 millones de viajes en el sistema ECOBICI, sólo ha habido accidentes menores y ninguna fatalidad. Además, es el sistema de bicicletas públicas con menos vandalismo en el mundo. (Suarez, 2014)

Ventajas del Sistema de Bicicletas Públicas

1. Mejora de la imagen para la ciudad, asociada a un concepto más sostenible y seguro para el ciudadano
2. Efectos positivos para la salud
3. Reduce la necesidad de espacio en las ciudades, tanto por motivos de circulación como de estacionamiento
4. Es rápida y flexible, es decir, agilidad en los tiempos de desplazamiento y en áreas urbanas la bicicleta se puede trasladar a velocidades cercanas a los 12-15 km/h, magnitudes equivalentes a lo habitual en automóvil para trayectos inferiores a 5 kilómetros. (MiguelBeaAlonso, 2009)

Desventajas del Sistema de Bicicletas Públicas

1. Riesgo de robo o sustracción
2. Dificultades para la guardia y custodia
3. Falta de seguridad vial
4. Limitaciones en su capacidad de carga
5. La elaboración del estudio de movilidad y de evaluación del proyecto.
6. La compra de las bicicletas e instalación de los estacionamientos.
7. Labores de mantenimiento, control, gestión (software) y reparación.
8. Comunicación, atención al público y marketing. (MiguelBeaAlonso, 2009)

Tomando los datos de la tabla 4.1 se realiza la comparación para este tipo de solución. Si se analiza que el 20% de la población en Cuenca utilizará el sistema de bicicletas públicas, tendríamos una disminución de 166 vehículos para la calle principal mientras que para la calle secundaria tenemos una disminución de 82 vehículos.

Por lo tanto se tiene una reducción del 20% del total de los vehículos. Figura 4.12

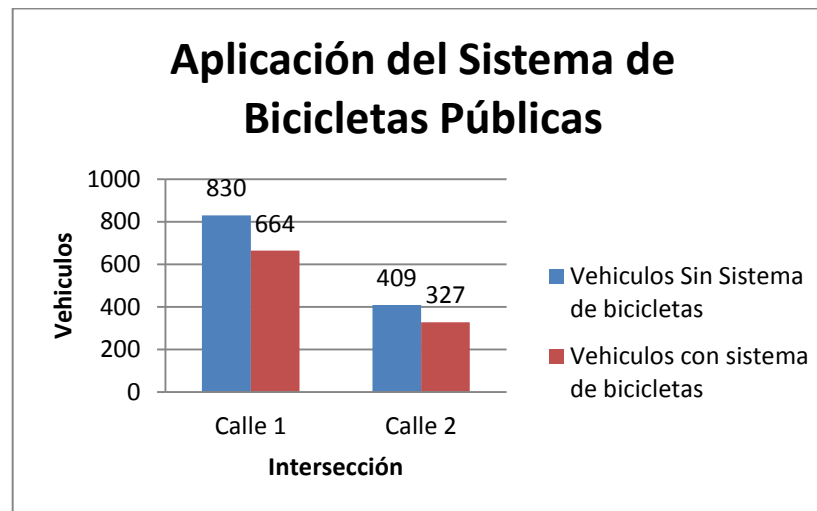


Figura 4.12 Comparación Vehículos/Bicicletas.

Analizando la demora tenemos una reducción de 24 seg, es decir obtendríamos una disminución del 41.38%. Por lo que el nivel de servicio se transforma de un nivel E a un Nivel D. Figura 4.13

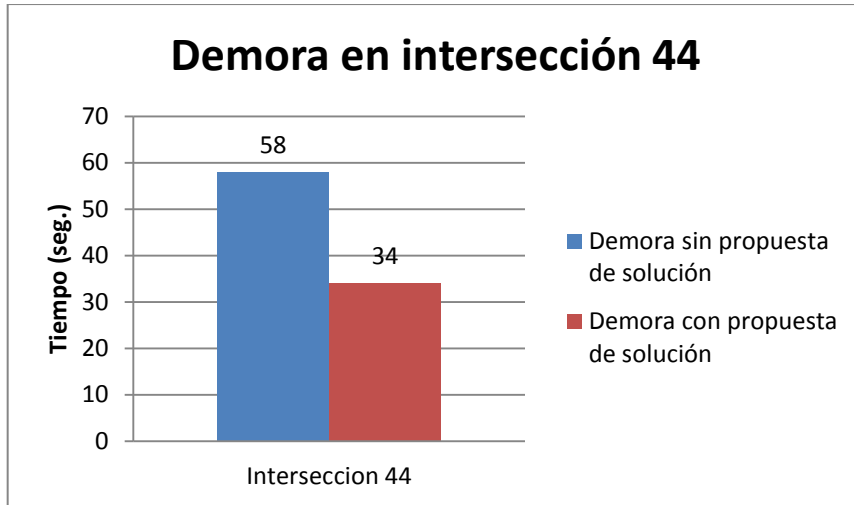


Figura 4.13 Demora Aplicada el sistema de bicicletas públicas.

Analizando esta solución en lo referente a costos tenemos una disminución de \$ 7.54 para hora valle, mientras que para la HMD se tiene una reducción de \$ 8.05. En la figura 4.14 se expresa en forma gráfica estos resultados.

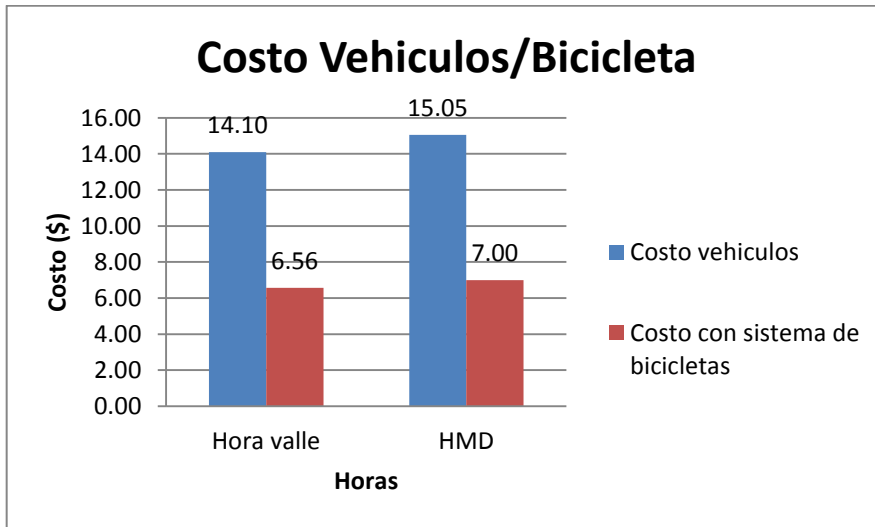


Figura 4.14 Costo del sistema de bicicletas públicas

4.3.4 Sistemas de Car Pooling (Vehículo Compartido)

Alrededor de 110.000 vehículos circulan en la capital azuaya, según datos de la Dirección Municipal de Transporte (DMT) y diariamente una persona viaja por vehículo privado; este crecimiento genera congestión vehicular, principalmente en el centro histórico de la ciudad.

En tanto las familias cuencanas utilizan hasta tres vehículos y todos circulan a diario, debido a que los lugares de traslado son muy diferentes en cada miembro del hogar, los factores para que exista una sobrepoblación vehicular es la capacidad adquisitiva que posee cada familia, además esto genera un sedentarismo total y el desinterés de movilizarse en otro vehículo como la bicicleta.

Además existen poseedores de vehículos particulares prefieren gastar en combustible pero ahorrar tiempo, es decir, no utilizan el transporte urbano porque se demoran en transitar y ya tienen definidas sus rutas, en cambio en auto se busca otra alternativa de paso

Con estas referencias como propuesta de solución a la movilidad urbana de la ciudad de Cuenca, se puede implementar un sistema llamado **CAR POOLING** donde el usuario conoce los recorridos y plazas libres de vehículos privados para que los interesados puedan compartir el auto de forma sencilla y confiable.

Se desarrolla un dispositivo que permite la identificación de los pasajeros que acceden al vehículo y un control de coordenadas vía GPS de las rutas recorridas. Figura 4.15



Figura 4.15 Sistema Car Pooling
Fuente: (Movere, 2015)

- Los usuarios se identifican en un entorno web
- Localización de autos en tiempo real
- Almacenamiento de la información en la base de datos del sistema
- Generación de informes propios por parte de los usuarios
- Supervisión de la oficina de movilidad

Ventajas en el Sistema del Auto Compartido

1. Ventaja evidente de sostenibilidad puesto que se retira vehículos de las vías
2. El que comparte el vehículo reduce los costes de amortización de su vehículo.
3. Los costes del combustible se reparten, lo que repercute en una reducción de los costes del transporte.
4. Reducción de los tiempos de viaje
5. Produce efectos beneficiosos a la movilidad, puesto que plazas usadas en el transporte público se desocupan, al usar plazas libres en el vehículo privado, esto aumenta la eficiencia de la movilidad.

Desventajas en el Sistema del Auto Compartido

1. Se desconocen los usos reales del sistema, esto es, no se sabe nada de los viajeros, ni del coche ni de los kilómetros que se recorren, de esta manera son más propensas a robos.
2. No existe capacidad de reacción frente a los imprevistos en situaciones que pueden ser frecuentes, como que se estropee el automóvil, que el conductor enferme o no pueda regresar a la hora prevista.
3. Pierdes la libertad de movilizarte mientras sea tu turno de conducir.
4. No se puede adelantar la hora del viaje, no se hace visitas a localidades en el camino.
5. Posibilidad de anulaciones de última hora.

Tomando los datos de la tabla 4.1 se realiza la comparación para este tipo de solución. Si se analiza que el índice ocupacional para un auto compartido es de 2 personas por vehículo se tendría que para la calle principal existe una reducción de 290 vehículos, mientras que para la calle secundaria tenemos una disminución de 143 vehículos. Por lo tanto se tiene una reducción del 35% del total de los vehículos. Figura 4.16

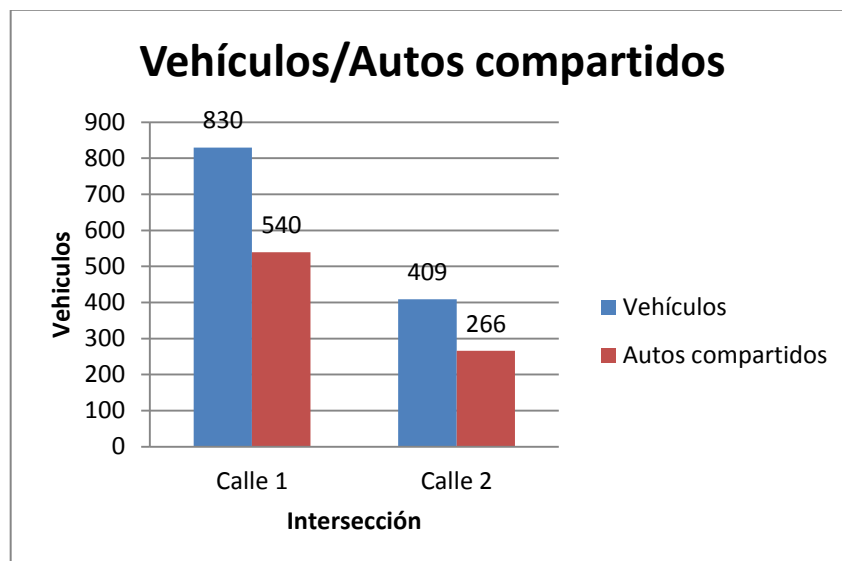


Figura 4.16 Comparación Vehículos/Autos compartidos.

Analizando la demora tenemos una reducción de 33 seg, es decir obtendríamos una disminución del 56.89%. Por lo que el nivel de servicio se transforma de un nivel E a un Nivel C. Figura 4.17

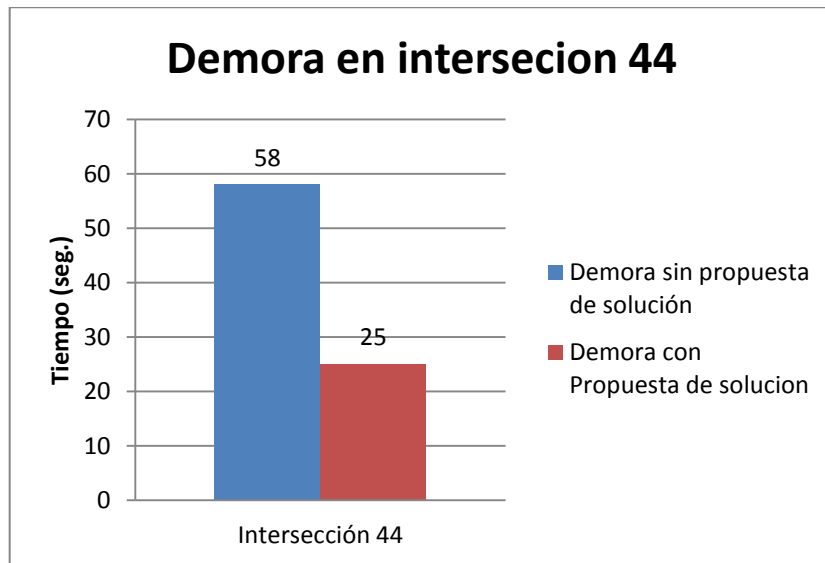


Figura 4.17 Demora aplicada el sistema de autos compartidos.

Analizando esta solución en lo referente a costos tenemos una disminución de \$ 7.35 para hora valle, mientras que para la HMD se tiene una reducción de \$ 7.86. En la figura 4.18 se expresa en forma gráfica estos resultados.

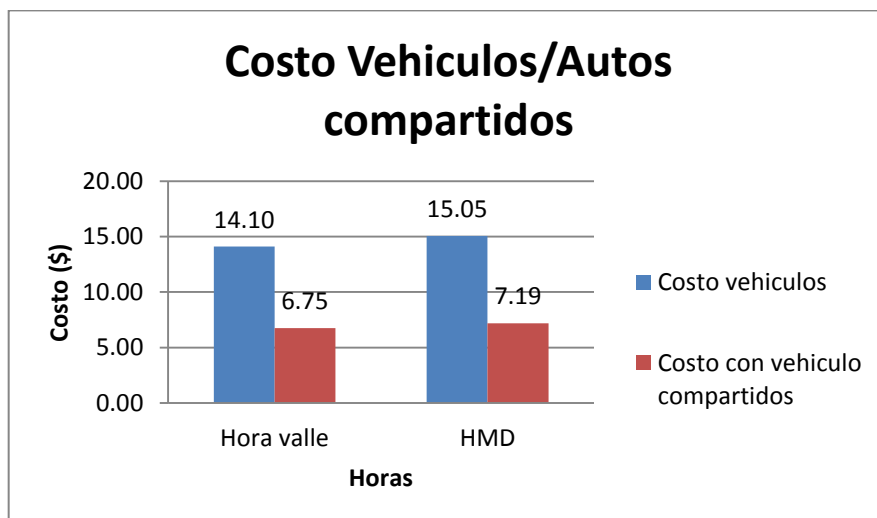


Figura 4.18 Consumo del sistema de autos compartidos.

4.3.5 Sistema de Pico y Placa

Es una medida de gestión de la demanda de transporte para racionar el uso de una escasa oferta de transporte (vías) ante una demanda excesiva.

Esta norma de tránsito impone una restricción de circulación obligatoria en el área urbana a vehículos privados tipo automóvil y de servicio público en horarios "pico" (horarios con mayor afluencia de tráfico), dependiendo del último número de placa el automóvil, pretendiendo reducir con ella el colapso circulatorio que se formaba en estas horas.

Efecto de la Regulación por Pico y Placa:

- Durante las horas de aplicación de la medida, se disminuiría efectivamente un 20% del tráfico,
- De forma real se reduciría el tráfico diario en un 2.36%.
- El incremento de la velocidad de circulación sería del 8% en las horas de mayor demanda
- Se requiere control estricto de la autoridad. (EMMOP-Q, 2015)

Ventajas:

1. Se propicia el uso de transporte público y taxis, evitando circulación con bajos niveles de ocupación para los taxis.
2. Mejora la operación y el nivel de servicio del transporte público por el incremento de la velocidad
3. Se mejora la ocupación del transporte público en horas de menor demanda
4. Disminuye la conflictividad por la demanda de sitios de estacionamiento-
5. Ayuda a generar conciencia ciudadana sobre el uso racional y eficiente de los vehículos privados
6. Disminuye el consumo de combustible, generando un ahorro energético
7. Disminuye la contaminación ambiental por emisiones y ruido generados

Desventajas:

1. Tendencia de incremento del parque vehicular como un medio para evitar las regulaciones según la placa.
2. El control puede ser vulnerable a prácticas fraudulentas, tales como falsificar las placas.
3. Puede ser un incentivo para generar aumento de taxis informales.
4. Potencial aumento de viajes en los vehículos habilitados para circular.
5. Potencial incentivo para la compra de motocicletas. (EMMOP-Q, 2015)

Tomando los datos de la tabla 4.1 se realiza la comparación para este tipo de solución. Si se analiza una reducción del parque automotor del 20%, por lo tanto existe una reducción en el tránsito de 166 vehículos, mientras que para la calle secundaria tenemos una disminución de 82 vehículos. Figura 4.19

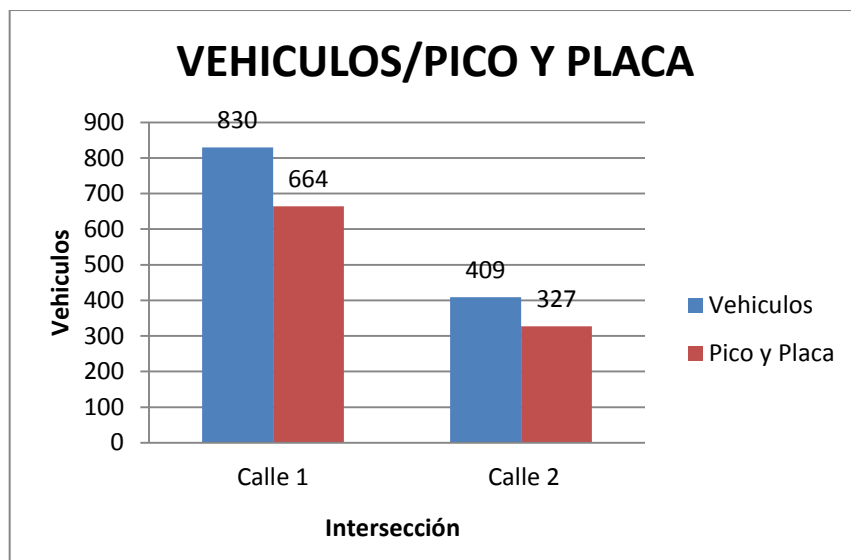


Figura 4.19 Comparación Vehículos/Pico y placa.

Analizando la demora tenemos una reducción de 24 seg, es decir obtendríamos una disminución del 41.38%. Por lo que el nivel de servicio se transforma de un nivel E a un Nivel D. Figura 4.20

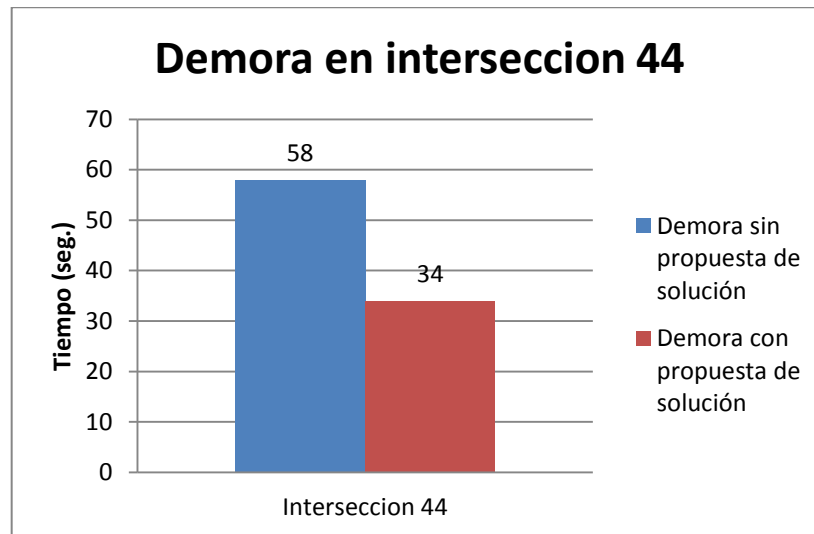


Figura 4.20 Demora aplicada el sistema de Pico y placa

Analizando esta solución en lo referente a costos tenemos una disminución de \$ 7.54 para hora valle, mientras que para la HMD se tiene una reducción de \$ 8.05. En la figura 4.21 se expresa en forma gráfica estos resultados.

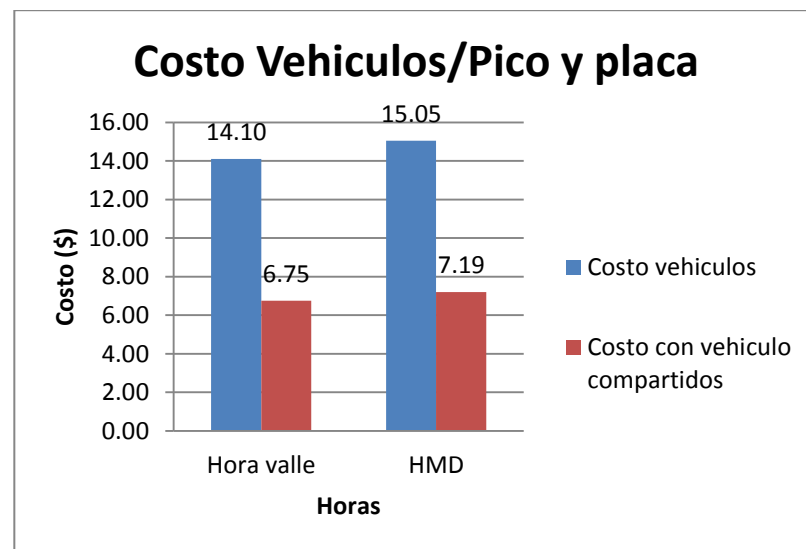


Figura 4.21 Costo del sistema de Pico y placa

4.3.6 Sistema de Educación Vial

Esta es la solución más simple y a la vez la más compleja. Simple porque no involucra grandes inversiones en nuevas vialidades, pero a su vez compleja porque tiene que ver con la educación de los conductores y los peatones. (GabinoGómez, 2013)

Por educación vial se entiende el conjunto de normas que regulan la conducta de todo el que circula en una vialidad desde los choferes hasta los peatones.

Al seguir normas de educación vial se podrían prevenir accidentes, uno de los principales detonadores del tráfico.

Estas normas pueden ser tan sencillas como verificar el buen estado del vehículo, respetar las señales de tránsito, ceder el paso o conducir con una distancia adecuada entre automóvil y automóvil.

Por otro lado, es muy fácil desesperar tras 2 horas atrapado en el tráfico. Este efecto negativo en la mentalidad de los conductores puede propiciar acciones irresponsables e irrespetuosas, que a la larga, no hacen más que incrementar el riesgo de accidente y el mismo tráfico. Es tremendamente importante no perder el sentido común y manejar con respeto.

Pequeñas acciones, pueden no solo ser una solución al tráfico sino también salvar vidas. No existe una solución al tráfico perfecta, sin embargo depende de todos el poder frenar este grave problema de la sociedad moderna. (GabinoGómez, 2013)

CONCLUSIONES:

Luego de realizar el estudio y análisis económico generado por los niveles de servicio, generamos propuestas de solución que ayudará a mejorar la movilidad vehicular y por ende la calidad de vida de las personas que circulan por el centro histórico de Cuenca. A continuación se presentan las conclusiones sobre este proyecto:

- Con el estudio realizado se pudo establecer los niveles de servicio correspondientes a cada intersección conflictiva, determinando cuanto es el tiempo que se tarda un vehículo al cruzar una intersección. En todas las intersecciones se puede considerar que no se encuentran saturadas de flujo vehicular ya que los niveles de servicio se encuentran en un rango de C a E, es decir que su rango de demora es de 20 hasta los 80 segundos
- En el análisis del impacto económico generado por los niveles de servicio en el centro histórico de la ciudad de Cuenca, se determinó el costo generado por el comportamiento real del flujo vehicular en cada una de las veinte intersecciones conflictivas. A partir de ello proponemos soluciones que ayuden a reducir el congestionamiento vehicular.
- Con las posibles soluciones propuestas se pudo optimizar el tiempo de desplazamiento vehicular, por ende se redujo los costos generados por el consumo de combustible, disminuyendo así los gastos al gobierno por subsidios de combustible.

BIBLIOGRAFIA

- .Real Academia Española. (13 de Junio de 2014). Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=congestion>
- AEADE. (s.f.). CIFRAS. Obtenido de http://www.aeade.net/web/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=80
- AsociaciondePeatonesdeQuito. (2015). Obtenido de http://www.peatones.org/index.php?option=com_content&view=article&id=136:siete-pasos-para-solucionar-el-problema-de-la-movilidad-en-quito&catid=61:articulos-de-interes&Itemid=83
- AVILÉS. (2006). *EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS ADMINISTRATIVOS DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE TERRESTRE INTERPROVINCIA*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6566/1/31385_1.pdf
- Barbosa, U. L.-C. (2013). *Ingeniería de Tránsito*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/hmartinezbarbosa/006-ingenieria-de-transitoparte1>
- Board, T. R. (2000). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Washington D.C.: National Academy of Sciences.
- Bodero Carolina, B. J. (2009). *Historia e importancia del transporte terrestre en el Ecuador*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/cabodero76/historia-e-importancia-del-transporte-terrestre-en-el>
- Bull, A. (2003). *Congestión de Tránsito: El Problema y cómo enfrentarlo*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Bull, A. (2003). *congestión del tránsito el problema y cómo enfrentarlo*. Santiago de Chile. Recuperado el 13 de 06 de 2014
- Cal y Mayor R, J. C. (2007). *Ingeniería de Tránsito*. México D.F: Alfaomega.
- Cal y Mayor R, James Cárdenas. (2007). *Ingeniería de Tránsito*. Mexico D.F: Alfaomega.
- Cal y Mayor R., James Cárdenas G. (2007). *Ingeniería de tránsito*. México D.F: Alfaomega.
- Carolina Bodero, Jorge Buergos, Rosa Sánchez. (28 de Noviembre de 2009). *Slideshare*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/cabodero76/historia-e-importancia-del-transporte-terrestre-en-el>
- Casa de la Cultura. (s.f.). *La comunidad virtual de Azogues en el mundo*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2014, de <http://www.azoguenos.com/historia>

CASTRO, R. (15 de ABRIL de 2014). Ecuador: La eliminacion del subsidio al gas. *EL ECUATORIANO*.

ComunidadVirtualCuencanos. (2014). *Fotos Cuenca Antiguo*. Obtenido de http://www.cuencanos.com/fotos/detallesfotopord.php?Id_Foto=410

Cuenca, I. M. (Noviembre de 2011). *CUENCA*. Obtenido de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del canton Cuenca: <http://www.cuenca.gov.ec/sites/default/files/pdot/modelo.pdf>

Cuencanos .com. (s.f.). Obtenido de <http://www.cuencanos.com/cuenca/>

CUEVA, J. B. (2012). SINTESIS DE INTERSECCIONES, SEÑALIZACION Y SEMAFOROS. CUENCA.

Dr. Tom V. Mathew. (5 de Agosto de 2014). *Lecture notes in Traffic Engineering And Management*. Obtenido de http://www.civil.iitb.ac.in/tvm/1111_nptel/552_UrStreet/plain/

ECUATORIANO, E. (26 de MARZO de 2014). Ecuador: El subsidio de los combustibles y la explotacion del ITT.

Edison Santos. (9 de Mayo de 2007). *Universidad Tecnológica Equinoccial*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6566/1/31385_1.pdf

EMMOP-Q. (2015). *Regulacion Vehicular - Quito*. Obtenido de http://www.optur.org/pdf/REGULACION_VEHICULAR_PROYECTO_PICO_Y_PLACA.pdf

EMOV. (s.f.). *Transporte Terrestre y Tránsito*. Obtenido de 1. <http://www.emov.gob.ec/index.php/servicios/transporte-terrestre-y-transito/senalizacion-y-semaforizacion>

Engineers, C. -A. (ESTUDIO DE TRANSITO). ESTUDIO DE TRANSITO. En I. Picerne Ponce. SAN JUAN, PUERTO RICO: CSA WO 03PR045C00 .

GabinoGómez. (Julio de 2013). *Soluciones al tráfico en las grandes ciudades*. Obtenido de <http://suite101.net/article/soluciones-al-trafico-en-las-grandes-ciudades-a51681#.VOaMCS6rFqw>

HighCapacityManual. (2000). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Washington D.C.: National Academy of Sciences.

Highway Capacity Manual. (2000). *Transportation Research Board*. Washington: National Research Council.

INEC. (2010). *Archivo Nacional de Datos y Metadatos Estadísticos (ANDA)*. Obtenido de Archivo Nacional de Datos y Metadatos Estadísticos (ANDA)

- IsidroBarqueros. (Octubre de 2009). *El coche compartido, una alternativa de movilidad sostenible*. Obtenido de <http://ecomovilidad.net/madrid/el-coche-compartido-una-alternativa-de-movilidad-sostenible/>
- JerónimoRabazaGiner. (18 de Junio de 2009). *Universidad Politecnica de Catalunya*. Recuperado el 2015, de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/8462/1/00.pdf>
- Luis Bañón Blázquez, José Beviá García. (25 de Septiembre de 2000). *Universidad de Alicante*. Obtenido de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1788>
- Luis Fernando Díaz Vargas. (2009 de 04 de 2009). *Universidad de Piura*. Recuperado el 02 de 10 de 2014, de <http://pirhua.udep.edu.pe/>
- LuisBañónBlázquez. (2014). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/203149177/01020203>
- Magín Lapuerta, O. A. (s.f.). *SCIELO*. Obtenido de Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005#
- María del Pilar Cornejo, D. Z. (2010). *Análisis de Vulnerabilidad del Canton Cuenca*. Obtenido de <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/842/1/Perfil%20territorial%20CUENCA.pdf>
- MiguelBeaAlonso. (2009). *Sistemas de bicicletas publicas*. Obtenido de <http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/14574/Treball%20de%20recerca.pdf?sequence=1>
- Movere. (2015). *Movilidad Urbana Sostenible*. Obtenido de movere.ec/soluciones-de-movilidad/41-dic/83-ciclovi-as-cuenca.html
- NicholasJ. Garber, L. A. (2005). *Ingenieria de Transito y de Carreteras*. Mexico: CENGAGE LEARNING.
- NormaSAEJ1321:2012. (2012). *Norma SAE J1321:2012 Fuel Consumption Test Procedure*. Obtenido de <http://www.acee.cl/sites/default/files/concursos/prNCh3331%20V4%2031012013%20%28GT%29.pdf>
- NTE INEN 2656. (11 de 2012). *INEN*. Recuperado el 24 de 09 de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/download/>
- PedroDomingo. (Marzo de 2009). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/15256170/Semaforos-Concurrencia>

- Proecuador. (2013). *Análisis del Sector Automotriz*. Obtenido de Dirección de Inteligencia Comercial - Inversiones: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/07/PROEC_AS2013_AUTOMOTRIZ1.pdf
- R. Pérez-Gálvezl, J. R.-V.-M.-B. (2010). Evaluación de la eficiencia energética de vehículos pesados en el ciclo de movimiento básico modificado. *Ingeniería Mecánica*.
- R. Avance. (2012). *Hace cien años rodó el primer carro en Cuenca*. Obtenido de <http://www.revistavance.com/reportajes-julio-2012/hace-cien-anos-rodo-el-primer-carro-en-cuenca.html>
- Rafael Cal y Mayor, J. C. (2007). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones*. MEXICO: ALFAOMEGA S.A de CV.
- Rafael Cal y Mayor, J. C. (s.f.). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones*. MEXICO: ALFAOMEGA S.A de CV.
- Revista Buen Viaje. (2014). *Historia del Transporte en Quito*. Obtenido de <http://www.revistabuenviaje.com.ec/lo-nuestro/historia-del-transporte-en-quito>
- RTE INEN 004-1. (28 de 10 de 2011). *INEN*. Recuperado el 23 de 9 de 2014, de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/reglamentos-tecnicos1.pdf>
- RTE INEN 004-2. (21 de 11 de 2011). *INEN*. Recuperado el 19 de 9 de 2014, de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/reglamentos-tecnicos1.pdf>
- RTE INEN 004-5. (8 de 1 de 2013). *INEN*. Recuperado el 23 de 9 de 2014, de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/reglamentos-tecnicos1.pdf>
- Scovino, R. V. (s.f.). *AUTOMOTRIZ*. Obtenido de Condiciones atmosféricas y funcionamiento del motor: <http://www.automotriz.net/tecnica/motor-condiciones-atmosfericas.html>
- SUDAMERICA, A. P. (25 de ABRIL de 2014). La tercera gasolina más barata de Suramérica se consume en Ecuador. *AGENCIA PUBLICA DE NOTICIAS DEL ECUADOR Y SUDAMERICA*.
- TELEGRAFO, E. (19 de SEPTIEMBRE de 2013). Diez mil carros entran cada año al parque automotor de Cuenca. *EL TELEGRAFO*.
- Thomson, I. y. (2014). *La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- Tiempo, D. E. (s.f.). *Parque automotor agudiza problemas en tránsito vehicular*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/140467-parque-automotor-agudiza-problemas-en-tra-nsito-vehicular/>
- Transportation Research Board. (2000). *Highway Capacity Manual*. Washington: National Research Council .
- UniversidadDeSonora. (02 de 2015). *Departamento de Matematicas*. Obtenido de <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>
- Vasconcellos, E. A. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá: CAF.
- Vialidad.Ecuador. (2014). *ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO*. Obtenido de Tiempos de Viaje y Demoras: <http://www.vialidad.ec/sites/default/files/archivos/tecnicos/gestionVialDescentralizada1/Transito/cap4.html#>
- Wikihow. (2014). *Calcular la tasa de crecimiento*. Obtenido de <http://es.wikihow.com/calcular-la-tasa-de-crecimiento>

ANEXOS

ANEXO 1

DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS DE CADA GRUPO DE CARRIL

FACTORES DE AJUSTE DE TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN

VALORES PARA GRUPOS DE CARRILES CON SEÑALES ASCENDENTES

DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS DE CADA GRUPO DE CARRIL

Tipo de condición	Parámetros
Geométricas	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de área • Número de carriles, N • Ancho promedio de carriles, W (m) • Pendiente, G (%) • Existencia de carriles exclusivos, LT o RT • Longitud de bahías, LT o RT
Tránsito	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de demanda por movimiento, V (veh/h) • Tasa de flujo de saturación base, s_o (Vehículos livianos /h/carril) • Factor de hora de máxima demanda, PHF • Porcentaje de vehículos pesados, HV (%) • Tasa de flujo peatonal en el acceso, v_{ped} (peatones/h) • Buses locales que paran en la intersección, N_b (buses/h) • Actividad de estacionamiento, N_m (maniobra/h) • Tipo de llegadas, AT • Proporción de vehículos que llegan en verde, P • Velocidad de aproximación, S_a (km/h)
Semáforos	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud de ciclo, C (s) • Tiempo verde, G (s) • Amarillo + Todo rojo, intervalo de cambio y despeje, entreverde, Y (s) • Operación accionada o prefijada • Botón peatonal • Verde mínimo peatonal, G_p (s) • Plan de fase • Periodo de análisis, T (h)

FACTORES DE AJUSTE DE TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN

Factor	Fórmula	Definición de variables	Notas
Ancho de carril	$f_A = 1 + \frac{A - 3.6}{9}$	W= ancho de carril (m)	$2.40 \leq A \leq 4.80\text{m}$
Vehículos pesados	$f_p = \frac{1}{1 + P_p * (E_c - 1)}$	P _p = Porcentaje de vehículos pesados	$0 \leq P_p \leq E_c \leq 2.0$
Pendiente	$f_i = 1 - \frac{i}{200}$	i= porcentaje de pendiente del acceso	$-6 \leq i \leq +10$
Estacionamiento	$f_e = 1 - \frac{0.1}{N} - \frac{18 * N_m}{3600 * N} > 0.05$	N _m = N° de estacionamientos por hora N= N° de carriles del grupo	$0 \leq N_m \leq 180$ f _p = 1.000 para sin estacionamiento
Bloqueo de buses	$f_{bb} = 1 - \frac{14.4 * N_b}{3600 * N} \geq 0.05$	N _b = N° de buses que paran por hora	$0 \leq N_b \leq 250$
Tipo de área	f _{ar} = 0.9 en (CBD) f _{ar} =1.0 en otras áreas	CBD= Distrito Central de Negocios (centro de la ciudad)	
Vueltas a la Izquierda	Fase protegida: Carril exclusivo: f _{gi} = 0.95 Carril compartido: $f_{gi} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{gi}}$	P _{gi} = Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles.	
Vueltas a la derecha	Carril exclusivo: f _{gd} = 0.85 Carril compartido: f _{gd} = 1.0 - 0.15P _{gd} Carril simple: f _{gd} = 1.0 - 1.135P _{gd}	P _{gd} = Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles.	f _{gd} =0.050

VALORES PARA GRUPOS DE CARRILES CON SEÑALES ASCENDENTES

	Grado de saturación de intersecciones corriente arriba, X _u						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
I	0.922	0.858	0.769	0.650	0.500	0.314	0.090

ANEXO 2

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE 30 VEHICULOS

# DE VEHICULOS	CARACTERISTICAS DEL VEHICULO				CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/min)			
	MARCA	MODELO	MOTOR (CILINDRADA)	RPM	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3	MEDIA
1	Kia	Rio LX 5P	1400	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Kia	Rio LX 5P	1400	1500 rpm	0.013	0.013	0.015	0.014
	Kia	Rio LX 5P	1400	2000 rpm	0.023	0.023	0.022	0.023
2	Chevrolet	Gran Vitara	1600	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Chevrolet	Gran Vitara	1600	1500 rpm	0.021	0.019	0.018	0.019
	Chevrolet	Gran Vitara	1600	2000 rpm	0.025	0.023	0.02	0.023
3	Daewoo	Matiz	800	RALENTI	0.006	0.006	0.007	0.006
	Daewoo	Matiz	800	1500 rpm	0.008	0.009	0.008	0.008
	Daewoo	Matiz	800	2000 rpm	0.012	0.012	0.012	0.012
4	Chevrolet	Corsa	1400	RALENTI	0.012	0.012	0.014	0.013
	Chevrolet	Corsa	1400	1500 rpm	0.015	0.015	0.017	0.016
	Chevrolet	Corsa	1400	2000 rpm	0.020	0.022	0.022	0.021
5	Chevrolet	Spark	1000	RALENTI	0.008	0.009	0.007	0.008
	Chevrolet	Spark	1000	1500 rpm	0.010	0.011	0.010	0.010
	Chevrolet	Spark	1000	2000 rpm	0.016	0.015	0.014	0.015
6	Chevrolet	Corsa Evo.	1800	RALENTI	0.010	0.011	0.011	0.011
	Chevrolet	Corsa Evo.	1800	1500 rpm	0.019	0.017	0.018	0.018
	Chevrolet	Corsa Evo.	1800	2000 rpm	0.024	0.024	0.023	0.024
7	Chevrolet	Aveo	1400	RALENTI	0.012	0.011	0.012	0.012
	Chevrolet	Aveo	1400	1500 rpm	0.014	0.014	0.016	0.015
	Chevrolet	Aveo	1400	2000 rpm	0.023	0.023	0.022	0.023
8	Peugeot	206	1600	RALENTI	0.011	0.012	0.011	0.011
	Peugeot	206	1600	1500 rpm	0.019	0.021	0.02	0.020
	Peugeot	206	1600	2000 rpm	0.024	0.022	0.025	0.024
9	Chevrolet	Corsa Evo.	1800	RALENTI	0.011	0.011	0.01	0.011
	Chevrolet	Corsa Evo.	1800	1500 rpm	0.018	0.018	0.019	0.018
	Chevrolet	Corsa Evo.	1800	2000 rpm	0.023	0.022	0.023	0.023
10	Chevrolet	Gran Vitara	2000	RALENTI	0.012	0.012	0.011	0.012
	Chevrolet	Gran Vitara	2000	1500 rpm	0.021	0.02	0.02	0.020
	Chevrolet	Gran Vitara	2000	2000 rpm	0.026	0.026	0.025	0.026
11	Hyundai	i10	1000	RALENTI	0.01	0.01	0.009	0.010
	Hyundai	i10	1000	1500 rpm	0.011	0.011	0.012	0.011
	Hyundai	i10	1000	2000 rpm	0.017	0.016	0.016	0.016
12	Hyundai	Getz	1400	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Hyundai	Getz	1400	1500 rpm	0.012	0.012	0.013	0.012
	Hyundai	Getz	1400	2000 rpm	0.024	0.023	0.022	0.023
13	Hyundai	Tucson ix	2000	RALENTI	0.011	0.012	0.011	0.011
	Hyundai	Tucson ix	2000	1500 rpm	0.02	0.021	0.021	0.021
	Hyundai	Tucson ix	2000	2000 rpm	0.023	0.026	0.025	0.025

14	Hyundai	Accent	1600	RALENTI	0.011	0.011	0.01	0.011
	Hyundai	Accent	1600	1500 rpm	0,018	0.019	0.019	0.019
	Hyundai	Accent	1600	2000 rpm	0.021	0.022	0.022	0.022
15	Chevrolet	N300	1200	RALENTI	0.01	0.01	0.01	0.010
	Chevrolet	N300	1200	1500 rpm	0.012	0.012	0.013	0.012
	Chevrolet	N300	1200	2000 rpm	0.018	0.019	0.019	0.019
16	Volswagen	Polo	1800	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Volswagen	Polo	1800	1500 rpm	0.02	0.019	0.02	0.020
	Volswagen	Polo	1800	2000 rpm	0.025	0.024	0.025	0.025
17	Mazda	3	2000	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Mazda	3	2000	1500 rpm	0.022	0.022	0.021	0.022
	Mazda	3	2000	2000 rpm	0.027	0.025	0.026	0.026
18	Toyota	Yaris	1400	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Toyota	Yaris	1400	1500 rpm	0.013	0.013	0.011	0.012
	Toyota	Yaris	1400	2000 rpm	0.022	0.023	0.023	0.023
19	Hyundai	Getz	1600	RALENTI	0.012	0.011	0.012	0.012
	Hyundai	Getz	1600	1500 rpm	0.02	0.022	0.021	0.021
	Hyundai	Getz	1600	2000 rpm	0.024	0.023	0.022	0.023
20	Chevrolet	Optra	1800	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Chevrolet	Optra	1800	1500 rpm	0.021	0.02	0.021	0.021
	Chevrolet	Optra	1800	2000 rpm	0.023	0.022	0.024	0.023
21	Nissan	Tiida	1600	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Nissan	Tiida	1600	1500 rpm	0.021	0.021	0.02	0.021
	Nissan	Tiida	1600	2000 rpm	0.023	0.022	0.024	0.023
22	Hyundai	Matrix	1600	RALENTI	0.011	0.011	0.011	0.011
	Hyundai	Matrix	1600	1500 rpm	0.019	0.018	0.018	0.018
	Hyundai	Matrix	1600	2000 rpm	0.023	0.021	0.021	0.022
23	Chevrolet	Gran Vitara SZ	2000	RALENTI	0.011	0.012	0.012	0.012
	Chevrolet	Gran Vitara SZ	2000	1500 rpm	0.022	0.022	0.021	0.022
	Chevrolet	Gran Vitara SZ	2000	2000 rpm	0.024	0.022	0.023	0.023
24	Kia	Picanto	1000	RALENTI	0.009	0.009	0.009	0.009
	Kia	Picanto	1000	1500 rpm	0.011	0.011	0.011	0.011
	Kia	Picanto	1000	2000 rpm	0.015	0.015	0.014	0.015
25	Hyundai	Tucson	2000	RALENTI	0.012	0.012	0.012	0.012
	Hyundai	Tucson	2000	1500 rpm	0.021	0.021	0.02	0.021
	Hyundai	Tucson	2000	2000 rpm	0.025	0.025	0.024	0.025
26	Chevrolet	Sail	1400	RALENTI	0.011	0.01	0.011	0.011
	Chevrolet	Sail	1400	1500 rpm	0.013	0.013	0.012	0.013
	Chevrolet	Sail	1400	2000 rpm	0.022	0.023	0.023	0.023

27	Kia	Sportage	2000	<i>RALENTI</i>	0.012	0.012	0.012	0.012
	Kia	Sportage	2000	<i>1500 rpm</i>	0.02	0.022	0.021	0.021
	Kia	Sportage	2000	<i>2000 rpm</i>	0.026	0.025	0.026	0.026
28	Volswagen	Gol	1800	<i>RALENTI</i>	0.011	0.012	0.012	0.012
	Volswagen	Gol	1800	<i>1500 rpm</i>	0.019	0.019	0.02	0.019
	Volswagen	Gol	1800	<i>2000 rpm</i>	0.024	0.023	0.024	0.024
29	Nissan	Sentra	1800	<i>RALENTI</i>	0.011	0.011	0.012	0.011
	Nissan	Sentra	1800	<i>1500 rpm</i>	0.02	0.019	0.02	0.020
	Nissan	Sentra	1800	<i>2000 rpm</i>	0.025	0.025	0.026	0.025
30	Hyundai	Elentra	1600	<i>RALENTI</i>	0.011	0.011	0.011	0.011
	Hyundai	Elentra	1600	<i>1500 rpm</i>	0.02	0.019	0.02	0.020
	Hyundai	Elentra	1600	<i>2000 rpm</i>	0.022	0.023	0.023	0.023