



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

**Análisis de Tráfico en las Principales Intersecciones del Área
de Influencia de la Universidad del Azuay**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autores:

CARLOS FELIPE GRANDA TOLA

IVÁN PATRICIO MARTÍNEZ ULLOA

Director:

CHRISTIAN MARCELO MOYANO TOBAR

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, María Soledad, Gladys y Eduardo, quienes han sido y serán siempre mi pilar fundamental, fuente inagotable de amor, sacrificio y paciencia; a mis hermanos Freddy, Diana, Andrea, Iván y Verónica, que siempre han estado junto a mí en los momentos alegres y tristes, pero siempre dándome ánimos para continuar; a mi enamorada Daniela, a mi familia que siempre estuvo y estará pendiente de mí, y a mi sobrina María Eduarda, que fue mi mayor motivación para este proceso.

Con todo el amor y con la bendición de Dios, les dedico mi esfuerzo y trabajo a lo largo de estos años, muchas gracias.

Felipe Granda Tola

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres, Iván y Diana, quienes fueron el principal cimiento en la construcción de mi vida profesional, sentaron en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar, pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlos cada día más; a mis hermanos Fernando y Santiago, quienes me han ofrecido su apoyo y compañía en todo momento; a mi esposa Sara; a mi hija Sofía Camila, mi inspiración, para el éxito de este documento; y a mis abuelitos Pepito y Raquelita que sin duda alguna me han demostrado su cariño, confianza y apoyo en la consecución de seguir celebrando mis triunfos.

Este logro con sano orgullo lo entrego a ustedes, y con la bendición de Dios no los defraudare, gracias.

Iván Martínez Ulloa

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de tesis Ing. Christian Moyano Tobar, quien aportó muchos de sus conocimientos para el éxito del presente trabajo.

Muchas gracias por su apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS iii

TABLA DE CONTENIDO.....iv

INDICE DE TABLAS viii

INDICE DE FIGURAS.....xi

RESUMEN.....xv

ABSTRACT xvi

INTRODUCCION 1

ANTECEDENTES.....2

JUSTIFICACIÓN 3

ALCANCE.....4

OBJETIVOS 4

1. CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....5

 1.1. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA DEL TRÁNSITO..5

 1.2. INDICADORES DE TRÁNSITO6

 1.2.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO.....6

 1.2.2. VELOCIDAD 8

 1.2.3. DENSIDAD O CONCENTRACION 10

 1.2.4. CAPACIDAD VIAL..... 10

 1.2.5. TRÁNSITO 11

 1.2.6. CONDICIONES O DISPOSITIVOS DE CONTROL..... 11

 1.2.7. DEMORA 12

 1.3. INTERSECCIÓN..... 13

1.3.1.	Intersección semaforizada.....	13
1.3.2.	Intersección no semaforizada.....	13
1.3.3.	Intersecciones rotatorias.....	13
1.4.	ANALISIS OPERACIONAL	14
1.4.1.	Análisis Macroscópico	14
1.4.2.	Análisis Mesoscópico	14
1.4.3.	Análisis Microscópico.....	15
1.5.	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).....	15
1.5.1.	Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), método de los factores.....	15
1.6.	NIVELES DE SERVICIO	18
1.6.1.	Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas.....	19
1.6.2.	Niveles de Servicio en intersecciones no semaforizadas	33
1.6.3.	Niveles de Servicio en intersecciones rotatorias.....	45
1.7.	SEMAFORIZACION	57
1.7.1.	Objetivos de la utilización de semáforos	57
1.7.2.	Clasificación de los Semáforos para tránsito vehicular	58
1.7.2.3.	Semáforos de tiempos fijos	59
1.7.3.	Parámetros de control en las intersecciones con semáforos.....	59
1.7.4.	Diseño de intersecciones aisladas y semaforizadas de tiempo fijo	60
1.8.	PROYECCIONES DE TRÁNSITO	65
1.8.1.	Metodologías para la estimación de proyecciones de tránsito	65
1.9.	PLATAFORMAS DE SIMULACIÓN.....	68
1.9.1.	AIMSUN.....	68

2. CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO ACTUALES DE LAS INTERSECCIONES EN ESTUDIO	70
2.1. ANÁLISIS OPERACIONAL DE LAS INTERSECCIONES ANALIZADAS.....	70
2.1.1. Análisis microscópico	70
2.2. MODELO DE MICRO SIMULACION DE TRÁNSITO	71
2.2.1. Creación de la red.....	71
2.2.2. Determinación de la Hora de Máxima Demanda (HMD).....	71
2.2.3. Calibración y validación estadística del modelo en AIMSUN 8.1.0	72
2.2.4. Condiciones operativas para el modelo de micro simulación.....	75
2.2.5. Resultados de Simulación de la Red Total.....	77
2.3. ANÁLISIS DE CIRCULACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR	80
2.4. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS ANALIZADAS	81
2.4.1. Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero	82
2.4.2. Intersección Av. 24 de Mayo y Subida a Turi.	95
2.5. INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS	107
2.5.1. Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.	108
2.6. INTERSECCIONES ROTATORIAS.....	117
2.6.1. Redondel Gapal.....	118
2.6.2. Redondel Universidad del Azuay.....	130
2.6.3. Redondel de los Tres Puentes.	142
3. CAPÍTULO 3: PROYECCIONES DEL TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES EN ESTUDIO Y PROPUESTAS DE REDISEÑO	161
3.1. PROYECCIONES	161

3.1.1.	Proyecciones a mediano plazo escenario 2	162
3.1.2.	Proyecciones a largo plazo escenario 3.....	162
3.1.3.	Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en la Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero.....	162
3.1.4.	Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en la Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi.....	163
3.1.5.	Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en la Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.....	165
3.1.6.	Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en el Redondel de Gapal.....	166
3.1.7.	Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en el Redondel Universidad del Azuay.	167
3.1.8.	Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en el Redondel de los Tres Puentes.	168
3.2.	PROPUESTAS DE REDISEÑO.....	170
3.2.1.	Propuestas para mediano plazo.	170
3.2.2.	Propuestas para largo plazo.....	180
CONCLUSIONES		187
RECOMENDACIONES.....		189
BIBLIOGRAFÍA		190

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Conteo Automático	16
Tabla 1.2 Consumo de Combustibles año 2015 en la Provincia del Azuay	17
Tabla 1.3 Criterios para determinar el Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas.	27
Tabla 1.4 Proporción de verde disponible.....	29
Tabla 1.5 Intervalos críticos bases y tiempos continuos bases	38
Tabla 1.6 Ajustes para intervalo crítico y tiempos continuos	39
Tabla 1.7 Criterios para determinar el Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas.	44
Tabla 1.8 Criterios para determinar el Nivel de Servicio en Intersecciones rotatorias....	45
Tabla 1.9 Equivalencia de vehículos de pasajeros	48
Tabla 1.10 Asignación de carriles para determinar flujos de entrada.....	50
Tabla 1.11 Caudales de flujo de entrada en base a la asignación de vehículos por carril	51
Tabla 1.12 Ecuación de capacidad según carriles en conflictos de entrada.....	51
Tabla 1.13 Ecuación de capacidad según carriles en conflictos en salida	52
Tabla 1.14 Factor de ajuste de capacidad por peatones en una entrada de un carril.....	52
Tabla 1.15 Factor de ajuste de capacidad por peatones en una entrada de dos carriles...	53
Tabla 2.1 Factores de conversión a VLE	72
Tabla 2.2 Calibración del GEH (Comparación de Datos actuales con Datos Simulados)....	74
Tabla 2.3 Resultados de la Red Total	77
Tabla 2.4 Parámetros de resultados a obtener.....	80
Tabla 2.5 Características geométricas y de fases semafóricas de la Intersección 1 sobre la Av. Francisco Moscoso	84
Tabla 2.6 Características geométricas y de fases semafóricas de la Intersección 1 sobre la Av. 27 de Febrero.....	84
Tabla 2.7 Fe en intersección Av. 27 de Febrero y Av. Francisco Moscoso.....	85
Tabla 2.8 Resultados generales de accesos a la Intersección 1	88
Tabla 2.9 Resultados generales de salidas de la intersección	90
Tabla 2.10 Composición de tráfico de la intersección	92

Tabla 2.11 Parámetros de tráfico en los accesos de la intersección 1	94
Tabla 2.12 Parámetros de tráfico en las salidas de la intersección 1	94
Tabla 2.13 Características geométricas y de fases semafóricas de la Intersección 2 sobre la Av. 24 de Mayo.....	98
Tabla 2.14 Características geométricas y de fases semafóricas de la intersección 2 sobre Subida a Turi	98
Tabla 2.15 Fe (Factor expansión) en intersección Av. 24 de Mayo y Subida a Turi.....	99
Tabla 2.16 Resultados generales de accesos a la intersección 2	101
Tabla 2.17 Resultados generales de salidas de la intersección 2	103
Tabla 2.18 Composición de tráfico de la intersección 2	104
Tabla 2.19 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 2.....	106
Tabla 2.20 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 2	107
Tabla 2.21 Características geométricas de la intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.	110
Tabla 2.22 Fe en intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo. ...	110
Tabla 2.23 Resultados generales de accesos a la intersección 3	112
Tabla 2.24 Resultados generales de salidas de la intersección 3	113
Tabla 2.25 Composición de tráfico de la intersección	114
Tabla 2.26 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 3.....	116
Tabla 2.27 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 3	117
Tabla 2.28 Fe en Redondel Gapal	120
Tabla 2.29 Resultados generales de accesos a la intersección 4	123
Tabla 2.30 Resultados generales de salidas de la intersección 4	126
Tabla 2.31 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 4.....	129
Tabla 2.32 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 4	130
Tabla 2.33 Fe en Redondel de Gapal	132
Tabla 2.34 Resultados generales de accesos a la intersección	135
Tabla 2.35 Resultados generales de salidas de la intersección	138
Tabla 2.36 Parámetros de tráfico en los accesos.....	141
Tabla 2.37 Parámetros de tráfico en las salidas	141
Tabla 2.38 Fe Redondel de los Tres Puentes	145

Tabla 2.39 Resultados generales de accesos a la intersección 6	149
Tabla 2.40 Resultados generales de salidas de la intersección 6	155
Tabla 2.41 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 6.....	159
Tabla 2.42 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 6	160
Tabla 3.1 Tasas de crecimiento del parque automotor.....	161
Tabla 3.2 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero	163
Tabla 3.3 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi.....	164
Tabla 3.4 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo	165
Tabla 3.5 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Redondel de Gapal.....	167
Tabla 3.6 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Redondel Universidad del Azuay.....	168
Tabla 3.7 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Redondel de los Tres Puentes....	169
Tabla 3.8 Escenario 2 vs Escenario 4 en Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero.....	171
Tabla 3.9 Escenario 2 vs Escenario 4 Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi.....	172
Tabla 3.10 Escenario 2 vs Escenario 4 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo	173
Tabla 3.11 Escenario 2 vs Escenario 4 Intersección Gapal	174
Tabla 3.12 Escenario 2 vs Escenario 4 intersección Universidad del Azuay	177
Tabla 3.13 Escenario 2 vs Escenario 4 Redondel de los Tres Puentes	179
Tabla 3.14 Escenario 3 vs Escenario 5 en Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero.....	182
Tabla 3.15 Escenario 3 vs Escenario 5 Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi	183
Tabla 3.16 Escenario 3 vs Escenario 5 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo	183
Tabla 3.17 Escenario 3 vs Escenario 5 Intersección Gapal	184
Tabla 3.18 Escenario 3 vs Escenario 5 intersección Universidad del Azuay	185
Tabla 3.19 Escenario 2 vs Escenario 4 Redondel de los Tres Puentes	186

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Nivel de jerarquía de cada flujo.....	34
Figura 1.2 Movimientos conflictivos de giros a la izquierda en la calle principal	35
Figura 1.3 Movimientos conflictivos hacia la derecha de calle secundaria.....	36
Figura 1.4 Movimientos conflictivos de calle secundaria con principal.....	36
Figura 1.5 Movimientos conflictivos de calle secundaria con giros a la izquierda hacia calle principal	37
Figura 1.6 Flujo de circulación en redondeles	49
Figura 1.7 Flujo de salidas en redondeles	49
Figura 1.8 Grupo de Señales	61
Figura 2.1 Red Vial de la Zona de Estudio	71
Figura 2.2 Validación de datos reales	73
Figura 2.3 Línea de Regresión de Validación de Datos.....	73
Figura 2.4 Fase Semafórica utilizada en la Intersección 1	76
Figura 2.5 Fase Semafórica utilizada en la Intersección 2.....	77
Figura 2.6 Ubicación Intersección Avenida Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero....	82
Figura 2.7 Intersección Avenida Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero	83
Figura 2.8 Acceso Sur Intersección 1	83
Figura 2.9 Acceso Norte Intersección 1	83
Figura 2.10 Acceso Este Intersección 1	83
Figura 2.11 Acceso Oeste Intersección.....	83
Figura 2.12 Acceso 1 en Intersección 1	86
Figura 2.13 Acceso 2 en Intersección 1	86
Figura 2.14 Acceso 3 en Intersección 1	87
Figura 2.15 Acceso 4 en Intersección 1	87
Figura 2.16 Porcentajes de flujo por acceso a la Intersección 1	90
Figura 2.17 Porcentajes de flujo por salida de la Intersección 1.....	92
Figura 2.18 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección	93
Figura 2.19 Variación horaria del flujo en la intersección.....	93
Figura 2.20 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 1 completa.....	95
Figura 2.21 Ubicación Intersección Avenida 24 de Mayo y Subida a Turi.....	96

Figura 2.22 Intersección Avenida 24 de Mayo y Subida a Turi	96
Figura 2.23 Acceso Este intersección 2	97
Figura 2.24 Acceso Oeste intersección 2	97
Figura 2.25 Acceso Sobre Subida a Turi intersección 2	97
Figura 2.26 Intersección 2	97
Figura 2.27 Acceso 1 en intersección 2	100
Figura 2.28 Acceso 2 intersección 2	100
Figura 2.29 Acceso 3 en intersección 2	101
Figura 2.30 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 2.....	102
Figura 2.31 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 2.....	104
Figura 2.32 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección 2	105
Figura 2.33 Variación horaria del flujo en la intersección 2.....	106
Figura 2.34 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 2 completa.....	107
Figura 2.35 Ubicación Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo... ..	108
Figura 2.36 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.....	109
Figura 2.37 Acceso Este intersección 3	109
Figura 2.38 Acceso Norte intersección	109
Figura 2.39 Acceso 1 en intersección 3	111
Figura 2.40 Acceso 2 en intersección 3	111
Figura 2.41 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 3.....	113
Figura 2.42 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 3.....	114
Figura 2.43 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección	115
Figura 2.44 Variación horaria del flujo en la intersección.....	116
Figura 2.45 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 3 completa.....	117
Figura 2.46 Ubicación Redondel Gapal	118
Figura 2.47 Intersección Redondel Gapal.....	119
Figura 2.48 Acceso Este intersección 4	119
Figura 2.49 Acceso Norte intersección 4	119
Figura 2.50 Acceso Oeste intersección 4	120
Figura 2.51 Acceso Sur intersección 4.....	120

Figura 2.52 Señalización en la intersección	120
Figura 2.53 Acceso 1 en intersección 4	121
Figura 2.54 Acceso 2 en intersección 4	122
Figura 2.55 Acceso 3 en intersección 4	122
Figura 2.56 Acceso 4 en intersección 4	123
Figura 2.57 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 4.....	125
Figura 2.58 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 4	127
Figura 2.59 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección 4	128
Figura 2.60 Variación horaria del flujo en la intersección 4.....	129
Figura 2.61 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 4 completa.....	130
Figura 2.62 Ubicación Redondel Universidad del Azuay.....	131
Figura 2.63 Intersección Redondel Universidad del Azuay.....	131
Figura 2.64 Acceso Este intersección 5	132
Figura 2.65 Acceso Sur intersección 5.....	132
Figura 2.66 Acceso Oeste intersección 5	132
Figura 2.67 Acceso Norte intersección 5	132
Figura 2.68 Acceso 1 en intersección 5	133
Figura 2.69 Acceso 2 en intersección 5	134
Figura 2.70 Acceso 1 en intersección 5	134
Figura 2.71 Acceso 1 en intersección 5	134
Figura 2.72 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección.....	137
Figura 2.73 Porcentajes de flujo por salida de la intersección	139
Figura 2.74 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección	140
Figura 2.75 Variación horaria del flujo en la intersección.....	140
Figura 2.76 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 5 completa.....	142
Figura 2.77 Ubicación Redondel de los Tres Puentes.....	143
Figura 2.78 Intersección Redondel de los Tres Puentes	143
Figura 2.79 Acceso Av. 24 de Mayo intersección 5	144
Figura 2.80 Acceso Paseo Río Yanuncay intersección 5.....	144
Figura 2.81 Acceso Norte intersección 5	144
Figura 2.82 Acceso Av. Primero de Mayo intersección 5	144

Figura 2.83 Av. Don Bosco intersección 5	144
Figura 2.84 Acceso Sur intersección 5.....	144
Figura 2.85 Acceso 1 en intersección 6	146
Figura 2.86 Acceso 2 en intersección 6	146
Figura 2.87 Acceso 3 en intersección 6	147
Figura 2.88 Acceso 4 en intersección 6	147
Figura 2.89 Acceso 5 en intersección 6	148
Figura 2.90 Acceso 6 en intersección 6	148
Figura 2.91 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 6.....	154
Figura 2.92 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 6.....	157
Figura 2.93 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección 6	158
Figura 2.94 Variación horaria del flujo en la intersección 6.....	159
Figura 2.95 Tiempo de Demoras Situación actual Red Completa	160
Figura 3.1 Propuesta de rediseño Intersección Gapal	175
Figura 3.2 Fases semafóricas propuestas en la intersección Gapal.....	175
Figura 3.3 Propuesta de rediseño Intersección Universidad del Azuay	177
Figura 3.4 Fases semafóricas propuestas en la intersección Universidad del Azuay	178
Figura 3.5 Propuesta de rediseño Intersección Redondel de los Tres Puentes	180

RESUMEN

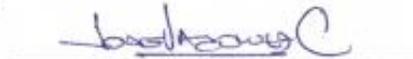
Análisis de Tráfico en las Principales Intersecciones del Área de Influencia de la Universidad del Azuay

El presente estudio analiza, evalúa y propone soluciones de gestión de tráfico en las seis intersecciones más conflictivas dentro del área de influencia media a la Universidad del Azuay. Se determinaron las características geométricas y flujos vehiculares del área de estudio; con dicha información se evaluó sus condiciones operacionales utilizando el software de simulación de tránsito AIMSUN 8.1.0. Para finalizar se estudiaron escenarios con demanda vehicular proyectada a 5 y 10 años; para los cuales se plantearon a nivel de idea, reformas geométricas y semaforicas con el objetivo de mejorar su comportamiento.

Palabras Clave: intersección semaforica, intersección no semaforica, intersección rotatoria, TPDA, nivel de servicio, capacidad vial, AIMSUN 8.1.0.



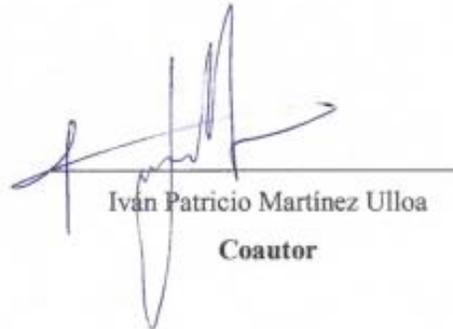
Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar
Director de Tesis



Ing. José Vázquez Calero
Director de Escuela



Carlos Felipe Granda Tola
Coautor



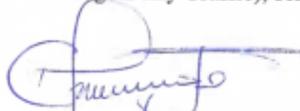
Ivan Patricio Martínez Ulloa
Coautor

Traffic Analysis in the Main Intersections of the *Universidad del Azuay* Influence Area

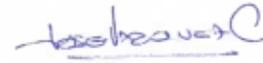
ABSTRACT

This study analyzed, evaluated and proposed traffic management solutions in the six most conflicting intersections within the area of medium influence to *Universidad del Azuay*. The geometric characteristics and vehicular flows of the study area were determined. Based on this information, the operational conditions were evaluated using the AIMSUN 8.1.0 traffic modeling software. Finally, scenarios with vehicle demand projected to 5 and 10 years were studied. Then, geometric and traffic-lights reforms were proposed with the aim of improving their performance.

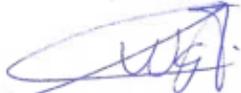
Keywords: traffic light intersection, non-traffic light intersection, rotary intersection, AADT (Annual Average Daily Traffic), service level, road capacity, AIMSUN 8.1.0.



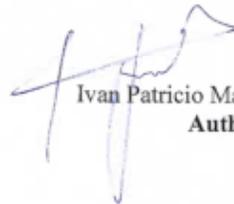
Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar
Thesis Director



Ing. Jose Vazquez Calero
School Director



Carlos Felipe Granda Tola
Author



Ivan Patricio Martinez Ulloa
Author



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Granda Tola Carlos Felipe

Martínez Ulloa Iván Patricio

Trabajo de Grado

Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar

Análisis de Tráfico en las Principales Intersecciones del Área de Influencia de la Universidad del Azuay

INTRODUCCION

El crecimiento del tráfico vehicular es proporcional al desarrollo de una ciudad, por lo que, a medida que se desarrolla un sector, se requiere tomar medidas para evaluar el desempeño operacional de las calles, carreteras e intersecciones. El aumento poblacional en las zonas urbanas, va de la mano con el incremento del parque automotor en las vías, causando problemas de congestión de tránsito, generando un mayor volumen en las instituciones públicas y privadas, que son frecuentadas en las distintas horas del día, unas con mayor número de vehículos, que otras.

Esta tesis estará enfocada en buscar soluciones apropiadas para poder contrarrestar el congestionamiento vehicular existente, en las zonas que afectan directamente al área de influencia de la Universidad del Azuay, por lo que se realizará un estudio organizado y detallado del flujo vehicular, por medio de un conteo, para tener una idea más clara, con números, del problema existente, y posteriormente, buscaremos y plantearemos una reforma o posible solución que será estudiada y detallada en el desarrollo de este documento.

En el primer capítulo, se desarrolla el marco teórico, es decir conceptos básicos que servirán para poder interpretar los datos necesarios para este estudio.

En el segundo capítulo, se realiza un análisis operacional de las intersecciones que tienen influencia en el área de estudio, que es la Universidad del Azuay, Unidad Educativa Asunción, CEIAP, siendo específicamente seis intersecciones, nuestro objeto de estudio: Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero, Av. 24 de Mayo y Subida a Turi, Vía Rápida Cuenca – Azogues y Calle Hernán Malo, Redondel de Gapal, Redondel Universidad del Azuay y Redondel de los Tres Puentes. Con este análisis, se determina la hora de máxima demanda, se crea la red en la plataforma de simulación AINSUM 8.1.0 para calibrar y validar estadísticamente los datos, y se determinan los resultados de simulación de la Red Total.

Finalmente, en el tercer capítulo, se realizan proyecciones, análisis y comparaciones de datos de cada intersección, tomando en cuenta los siguientes escenarios: escenario 1 (actual), escenario 2 (proyección a 5 años), escenario 3 (proyección a 10 años), escenario 4 (proyección a 5 años con mejoras), escenario 5 (proyección a 10 años con mejoras). Al momento de proyectar un medio físico de transporte, es de gran importancia diseñar o planificar la obra, para el uso que se le va a dar, no solo en el momento que se requiere la misma, sino también, para un tiempo de servicio a futuro, es decir, proyectado para abastecer a un tiempo futuro determinado ya sean 5 o 10 años, de acuerdo a las solicitudes. Para esto, hay que determinar previamente el volumen de tránsito que circula por el servicio proyectado, a lo que se suma la variación de tasa de crecimiento, y así poder dar propuestas de rediseño a las intersecciones objeto de estudio.

ANTECEDENTES

Cuenca, tercera ciudad más importante del territorio ecuatoriano después de Quito y Guayaquil, ha incrementado su población tanto nativa como migratoria, influyendo en el crecimiento de la producción, causando problemas considerables de movilidad en la ciudad, ocasionados especialmente por el crecimiento del parque automotor y por construcciones urbanas mal planificadas. Estas molestias en el tránsito se ven reflejadas en los usuarios de la red vial por las demoras generadas en sus viajes a destino.

Por ello, es indispensable crear un modelo eficiente que permita la circulación de los diferentes medios de transporte y de peatones en condiciones óptimas, para garantizar que a un mediano y largo plazo, las vías de Cuenca no lleguen a su capacidad máxima, así evitaremos colocar medidas severas en el control del tránsito como suceden en ciudades de América Latina.

Los centros educativos son atractores masivos de viajes, motivo por el cual, se debe dar prioridad a un funcionamiento eficaz de tráfico y al funcionamiento del transporte público, por lo que, se debe mencionar que en nuestra área de estudio circulan líneas de buses que tienen una gran demanda diaria con una frecuencia de 15 minutos.

Estas políticas deben ser consideradas para articular varios proyectos que se desarrollan en la ciudad de Cuenca, como Tranvía Cuatro Ríos, proyectos de vivienda, y la planificación de una nueva circunvalación que conecte varias parroquias rurales.

JUSTIFICACIÓN

Los problemas operacionales que genera la Universidad del Azuay, la Unidad Educativa La Asunción y CEIAP, al ser centros atractores y generadores masivos de viajes (10000 personas, estudiantes, docentes y personal administrativo) contribuyen al congestionamiento vehicular, sobre todo en las horas de máxima demanda. Ocasionados por la deficiente geometría y la falta de control en las intersecciones; lo que ha generado en la actualidad, que los índices operacionales sean deficientes, por ello el presente documento propone un análisis que permita reducir el congestionamiento y costos operacionales, en las intersecciones más congestionadas en el área de influencia de la Universidad del Azuay, la cual formará parte del insumo del plan de movilidad de ésta Universidad.

ALCANCE

El alcance de este documento en un inicio es recopilar información de conteos vehiculares, y realizar un levantamiento topográfico de las intersecciones a ser estudiadas. Con esto realizaremos una evaluación actual del tráfico, analizando el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y varios parámetros técnicos de los redondeles de Gapal, Universidad del Azuay y de los Tres Puentes; de las intersecciones semaforizadas Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero y de la Av. 24 de Mayo y Subida a Turi y de la intersección no semaforizada Vía Rápida Cuenca - Azogues y calle Hernán Malo. Para la obtención de los niveles de servicio el tráfico se evaluará en la plataforma de simulación AIMSUN 8.1.0.

Según los resultados obtenidos rediseñaremos las intersecciones que requieran soluciones a mediano y largo plazo, para lograr mejoras en las operaciones de tránsito en el área de estudio. Esto será evaluado en la plataforma de simulación ya mencionada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Rediseñar las intersecciones con mayor congestión vehicular en el área de influencia de la Universidad del Azuay.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar la información levantada en campo y base a la tesis “Determinación de la Matriz origen – destino multimodal de la Universidad del Azuay-Unidad Educativa La Asunción”
- Evaluar el tráfico en la zona de influencia a la Universidad del Azuay mediante simulación.
- Proponer soluciones para el corto, mediano y largo plazo.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA DEL TRÁNSITO

Cal y Mayor y Cárdenas en su libro Ingeniería de tránsito expresan que las ciudades dependen de sus sistemas de calles, ofreciendo servicios de transporte, los cuales en ocasiones por su demanda operan por arriba de su capacidad. Generando problemas de tránsito que se pueden medir en términos de accidentes y congestionamientos.

A continuación se enunciarán cinco factores que pueden incrementar estos problemas y que pueden ser tomados en cuenta para una posible solución:

- I.** Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad
 - a. Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.
 - b. Automóviles diversos.
 - c. Camiones y autobuses, de alta velocidad.
 - d. Camiones pesados, de baja velocidad, incluyendo remolques.
 - e. Vehículos tirados por animales, que aún subsisten en algunos países.
 - f. Motocicletas, bicicletas, vehículos de mano, etc.

- II.** Superposición del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas
 - a. Relativamente pocos cambios en el trazo urbano.
 - b. Calles angostas, torcidas y pronunciadas pendientes.
 - c. Aceras insuficientes.
 - d. Carreteras que no han evolucionado.

- III.** Falta de planificación en el tránsito
 - a. Calles, carreteras y puentes que se siguen construyendo con especificaciones anticuadas.
 - b. Intersecciones proyectadas sin base técnica.
 - c. Previsión casi nula para estacionamiento.
 - d. Localización inapropiada de zonas residenciales en relación con zonas industriales o comerciales.

- IV. El automóvil no considerado como una necesidad pública
 - a. Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad del vehículo dentro de la economía del transporte.
 - b. Falta de apreciación del público en general a la importancia del vehículo automotor.

- V. Falta de asimilación por parte del usuario
 - a. Falta de educación vial del conductor y del peatón.

1.2. INDICADORES DE TRÁNSITO

Aguirre y Maita en su tesis “Evaluación del estado actual y diseño semafórico de la Avenida Unidad Nacional entre Avenida México y Calle del Batán (longitud = 1050 m) en la ciudad de Cuenca” citan conceptos obtenidos de Cal y Mayor y Cárdenas, de Highway Capacity Manual en su versión 2000 que desarrollaremos a continuación.

1.2.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO

Se define como volumen de tránsito al número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada durante un período determinado, se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1)$$

Donde,

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

N = número total de vehículos que pasan

T = período determinado

Los volúmenes de tránsito se desarrollan con el fin de analizar datos reales relacionados con el movimiento de vehículos o personas en áreas específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles, para obtener la calidad de servicio que el sistema brinda a los usuarios.

1.2.1.1. Tasa de flujo o flujo (q)

Los volúmenes horarios se convierten a flujo durante 15 minutos a través del factor de la hora de máxima demanda (HMD).

$$Vp = \frac{V}{FHP} \quad (2)$$

Donde,

Vp = Tasa de flujo durante los primeros 15 minutos más cargados ($veh/hora$)

V = Volumen durante la HMD ($veh/hora$).

FHP = Factor hora pico.

1.2.1.2. Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el número total de vehículos que pasan por una sección de un carril durante una hora consecutiva de un día en particular.

1.2.1.3. Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Aunque puede variar en un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo período máximo. Por lo cual se deberá conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así ejecutar la planeación de los controles de tránsito para estos períodos durante el día, como prohibición de estacionamientos, movimientos de vuelta y ciclos semafóricos. Se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N (qmax)} \quad (3)$$

Donde,

FHMD = factor de la hora de máxima demanda

VHMD = volumen horario de máxima demanda

$qmax$ = flujo máximo

N = número de períodos durante la hora de máxima demanda.

Los períodos pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, siendo el último el utilizado con mayor frecuencia.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 (qmax)} \quad (4)$$

De acuerdo al valor obtenido, se puede establecer como es la distribución de los flujos de 15 minutos durante la hora de máxima demanda, teniendo como particular que un factor de hora pico mayor a 0.90 indica una distribución uniforme, entre 0.80 y 0.90 la distribución es poco uniforme, entre 0.70 y 0.80 una distribución muy mala, y menor a 0.60 prácticamente una distribución nada uniforme.

1.2.1.4. Uso de los volúmenes de Tránsito

A continuación citaremos en que escenarios se utilizan los volúmenes de tránsito.

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades
- Caracterización de flujos vehiculares
- Zonificación de velocidades
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito
- Estudio de estacionamientos

1.2.2. VELOCIDAD

En general la velocidad es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo.

$$V = \frac{d}{t} \quad (5)$$

Donde,

V = velocidad constante

d = distancia recorrida

t = tiempo de recorrido

Relacionado con el transporte y tránsito, la velocidad es un indicador que se utiliza para medir la calidad de la operación a través de un sistema de movilidad, analizada con la velocidad de punto o instantánea que se divide en media temporal y espacial.

1.2.2.1. Velocidad de viaje

La distancia dividida por el tiempo de viaje total, incluyendo el tiempo de recorrido y los tiempos de demora.

1.2.2.2. Velocidad de recorrido

Distancia de viaje dividida por el tiempo de recorrido.

1.2.2.3. Velocidad de punto o instantánea

Está diseñada para evaluar las características de la velocidad en un lugar determinado, donde predomina el tránsito, estado del tiempo y obteniendo así la distribución de velocidades por grupos de usuarios.

Se divide en:

1.2.2.4. Velocidad media temporal (\tilde{V}_t)

Es la media aritmética de las velocidades de los vehículos que transitan por un punto de una vía durante un intervalo de tiempo. La velocidad media temporal se calcula mediante:

$$\tilde{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \quad (6)$$

Donde,

\tilde{V}_t = velocidad media temporal

V_i = velocidad del vehículo i

n = número total de vehículos observados o tamaño de la muestra.

1.2.2.5. Velocidad media espacial (\tilde{V}_e)

Es la media aritmética de las velocidades de los vehículos que transitan por un punto de una vía durante un intervalo de tiempo. Se obtienen al dividir la distancia total recorrida por dos o más vehículos en un tramo de vía, entre el tiempo total requerido por esos vehículos para que recorran esa distancia. La velocidad media espacial se calcula mediante:

$$\tilde{V}_e = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{V_i}\right)} \quad (7)$$

Donde,

\tilde{V}_e = velocidad media espacial

V_i = velocidad del vehículo i

n = número total de vehículos observados o tamaño de la muestra.

1.2.3. DENSIDAD O CONCENTRACION

Es el número de vehículos que existen por unidad de longitud en un tiempo determinado. La densidad se mide en términos de vehículos por kilómetro o vehículos por milla. Densidades altas representan que los vehículos se encuentran uno tras de otro con poco espacio (velocidades nulas), mientras densidades bajas existen grandes distancias entre vehículos.

$$k = \frac{N}{D} \quad (8)$$

Donde,

N= número de vehículos

K = densidad o concentración

D = longitud

1.2.4. CAPACIDAD VIAL

Para determinar la capacidad vial urbana y rural se necesita conocer de las características físicas o geométricas y flujos vehiculares bajo condiciones físicas y de operación. Es un estudio cuantitativo, porque permite evaluar la suficiencia y cualitativo por la calidad del servicio ofrecido por el sistema vial (oferta) a los usuarios (demanda).

Teóricamente la capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía, bajo la siguiente condición prevaleciente:

1.2.4.1. Infraestructura vial

Es la característica física de la carretera (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos, número de carriles, etc.), el desarrollo de su entorno (ancho de carriles, velocidad de circulación, restricciones para maniobras para rebasamiento, etc.).

Sin importar el tipo de infraestructura vial, puede ser continua que no tenga ningún tipo de elementos externos que produzcan interrupciones y se tenga una libre circulación de vehículos. Discontinua cuando existen elementos externos al flujo vehicular como señales de pare, ceda el paso, semáforos, los cuales generan detenciones momentáneas de los vehículos provocando demoras en el tráfico.

1.2.5. TRÁNSITO

Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, y a su composición de tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos.

1.2.6. CONDICIONES O DISPOSITIVOS DE CONTROL

Los dispositivos para el control de tránsito son las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se coloca sobre o junto a las calles y carreteras por una autoridad pública (en el caso del Ecuador, por la Agencia Nacional de Tránsito ANT), para regular, prevenir y guiar a los usuarios de las mismas. Éstos dispositivos indican a los usuarios las precauciones que deben tener en cuenta las limitaciones y restricciones que gobiernan el sitio de circulación y las informaciones necesarias, dadas las condiciones únicas de la calle o carretera.

1.2.6.1. Requisitos de los dispositivos de control

Todo dispositivo para control de tránsito debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Satisfacer una necesidad.
- Llamar la atención de los usuarios.
- Transmitir un mensaje simple y claro.
- Imponer respeto a los usuarios de las calles y carreteras.
- Estar en un lugar apropiado con el objetivo de dar tiempo de reacción a los usuarios.

1.2.6.2. Clasificación de los dispositivos de control

Cal y Mayor y Cárdenas clasifican a los dispositivos de control en cinco grupos:

1. Señales

- 1.1 Preventivas
- 1.2 Restrictivas
- 1.3 Informativas

2. Marcas

- 2.1 Rayas
- 2.2 Símbolos
- 2.3 Letras

3. Obras y dispositivos diversos

- 3.1 Cercas
- 3.2 Defensas
- 3.3 Indicadores de obstáculos
- 3.4 Indicadores de alineamiento
- 3.5 Tachuelas o botones
- 3.6 Reglas y tubos guía
- 3.7 Vibradores
- 3.8 Guardaganados
- 3.9 Indicadores de curva peligrosa

4. Dispositivos para protección en obra

- 4.1 Señales preventivas, restrictivas e informativas
- 4.2 Canalizadores
- 4.3 Señales manuales

5. Semáforos

- 5.1 Vehiculares
- 5.2 Peatonales
- 5.3 Especiales

1.2.7. DEMORA

Tiempo de viaje perdido debido a fricciones del tránsito y dispositivos para el control del tránsito.

1.2.7.1. Demoras Fijas

Componente de demoras que es causado por los dispositivos del control de tránsito, independientemente de los volúmenes de tránsito e interferencias presentes.

1.2.7.2. Demoras Operacionales

Componente de las demoras que es causado por la presencia e interferencia de otros vehículos.

1.2.7.3. Demoras de tiempo parado

Componente de la demora durante el cual el vehículo no está en movimiento.

1.2.7.4. Demoras de tiempo de viaje:

Diferencia entre el tiempo de viaje total y el tiempo calculado, basado en atravesar la ruta en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tránsito descongestionado sobre la ruta.

1.3. INTERSECCIÓN

Una intersección es un área en la que confluyen dos o más caminos (vías, carreteras, etc.), pueden ser a nivel o a desnivel y permite el intercambio entre los mismos; su principal función es facilitar el cambio de dirección en la ruta, y para regular el paso de los vehículos, se utilizan los dispositivos de control según amerite el tráfico. (Cal y Myor, & Cárdenas G., 2007)

1.3.1. Intersección semaforizada

En este tipo de intersecciones se reduce considerablemente el conflicto de los giros en el cruce, pues mediante el dispositivo de los semáforos es posible asignar el paso a determinados flujos en tiempos diferentes. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el tiempo que pierden los vehículos en espera de su turno para circular, y las largas colas que esto genera; es por ello que al momento de decidir si es factible la semaforización de una intersección, son muchos los factores que se tienen que considerar, entre ellos la intensidad del volumen de tránsito, el flujo peatonal, así como historial de accidentes que se registre.

1.3.2. Intersección no semaforizada

Las intersecciones de este tipo son aquellas que no están reguladas por ningún tipo de dispositivo electrónico (semáforos). Cuentan por lo general con señalización vertical, la cual permite determinar de alguna forma la prioridad del paso para cada uno de los diferentes accesos a la intersección, de tal manera que, se pueda reducir el conflicto a la hora de realizar las maniobras para ejecutar los posibles giros en las aproximaciones.

1.3.3. Intersecciones rotatorias

Se definen a los redondeles como intersecciones giratorias en las que el tráfico preferente es el que circula por la calzada anular, brindan además todos los movimientos en la intersección, con las mismas condiciones y sin favorecer ninguno de ellos, lo que

garantiza que los giros se van a hacer en mejores condiciones que en una intersección convencional.

La intersección rotatoria se compone de las siguientes zonas:

- Zona de acceso al redondel,
- Zona de circulación rotatoria y
- Zona o sección de entrecruzamiento o enlace.

En la primera zona es fundamental construir una isleta separadora en una longitud importante que evitará las entradas en contra sentido que intentan algunos conductores. A medida que la isleta separadora llega a la intersección rotatoria, se va transformando en isleta direccional y canalizadora para guiar al tránsito que llega.

La segunda zona la constituyen la isleta central y el pavimento que la circunda.

La Tercera zona es en la que se encuentran o separan los vehículos que llegan al redondel para tomar los diversos ramales de salida.

Una intersección rotatoria es eficiente si sus dimensiones están acordes con el volumen de tránsito que ha de distribuir, si su velocidad está en función de la velocidad operacional (V_o) de las vías que lo conforman y su capacidad es igual o superior a la de las vías que la conforman.

1.4. ANALISIS OPERACIONAL

Para obtener un análisis operacional de tráfico vehicular se han desarrollado modelos y análisis de los que se pretenderá establecer para los diferentes resultados que se necesite.

1.4.1. Análisis Macroscópico

Es el estudio a gran escala que se realiza en un tráfico vehicular, que mide el comportamiento de los autos y de los conductores en cada situación de tráfico existente.

1.4.2. Análisis Mesoscópico

Es un análisis más sintetizado que el anterior, está en rango medio para el estudio de tráfico. Para el estudio de este análisis se puede crear grupos de vehículos o de manera

individual que cumplan características similares tales como: velocidad, tamaño de vehículo, deseo de viajes.

1.4.3. Análisis Microscópico

Es el análisis más detallado, estudia individualmente a cada vehículo y describe el comportamiento del flujo de tráfico.

1.5. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

Según como se explica en el libro Cal y Mayor y Cárdenas, se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), cómo el número de vehículos que pasan durante un período, en días completos igual o menor a un año y, mayor que un día, dividido para los días del período a considerar. Para nuestro estudio, se presenta el siguiente volumen de tránsito promedio diario anual, dados en vehículos por día:

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (9)$$

Donde,

TA: Tráfico anual

1.5.1. Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), método de los factores

Para la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se utilizará el método de los factores, reconocido y avalado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, en el Capítulo 3 – Tráfico de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras Nevi 2012.

1.5.1.1. Requisitos para el cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA)

- I. Conteo Automático:** Disponer de un conteo automático de 24 horas consecutivas diarias por un mes y mínimo una semana de una vía de características operativas y geométricas semejantes a la de estudio.

Los equipos para este tipo de conteos pueden ser: equipos automáticos (cables o mangueras), video detección o contadores automáticos móviles.

Para el presente análisis se utilizó un conteo automático de tráfico de las avenidas Remigio Crespo y Federico Proaño realizado entre el 23 y 29 de Octubre de 2015, ya

que presenta características de tráfico muy similares a las de las vías en estudio y su geometría vial es muy similar a la del presente proyecto.

Tabla 1.1 Conteo Automático

HORAS	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES
00:00-01:00	54	81	123	280	447	333	31
01:00-02:00	24	28	52	150	350	280	15
02:00-03:00	12	29	40	69	273	286	12
03:00-04:00	9	12	22	43	211	156	17
04:00-05:00	15	31	24	40	77	66	21
05:00-06:00	42	54	47	47	66	46	37
06:00-07:00	248	244	201	186	147	80	214
07:00-08:00	582	578	641	562	257	142	601
08:00-09:00	674	698	642	655	502	270	701
09:00-10:00	801	795	820	791	669	288	850
10:00-11:00	946	842	931	940	755	421	890
11:00-12:00	1031	857	1199	1083	944	459	955
12:00-13:00	988	854	1105	966	965	590	937
13:00-14:00	779	785	884	908	882	599	803
14:00-15:00	664	749	718	804	728	585	825
15:00-16:00	971	906	868	972	744	584	821
16:00-17:00	995	748	991	933	898	637	1027
17:00-18:00	1005	837	925	863	687	654	873
18:00-19:00	793	802	865	613	1058	658	727
19:00-20:00	727	765	768	605	565	569	757
20:00-21:00	714	732	830	784	804	542	673
21:00-22:00	483	602	767	863	775	351	489
22:00-23:00	439	452	873	867	750	211	320
23:00-24:00	194	238	470	800	625	97	164
TOTALES	13190	12719	14806	14824	14179	8904	12760
%	14%	14%	16%	16%	16%	10%	14%

Fuente: Ing. Christian Moyano

- II.** Conteo manual del tráfico observado en la zona de estudio durante 3 días con conteo de 12 a 18 horas consecutivas de cada intersección.

Cuando se realice este conteo se deberá clasificar en: motos, bicicletas, vehículos livianos, buses, busetas, camiones y tráileres.

Conteo manual del tráfico observado en zona de estudio durante 12 horas consecutivas de cada intersección.

- III.** Estadísticas de consumo de combustibles (extra, súper, diésel, diésel premium) del año inmediatamente inferior al del conteo manual del tráfico observado. Estos datos se los puede obtener en el ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero), en el cual ya viene clasificado por provincia y cantón.

Para nuestro documento utilizamos datos de la provincia del Azuay del año 2015, publicados por la Secretaria de Hidrocarburos del Ecuador.

Tabla 1.2 Consumo de Combustibles año 2015 en la Provincia del Azuay

PRODUCTO	CONSUMO COMBUSTIBLE 2015 PROVINIA DEL AZUAY (EN GALONES)						
	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	TOTAL
EXTRA	4,346,206	4,817,29	4,828,029	4,793,744	4,848,476	4,940,105	57,927,012
SUPER	571,752	601,849	601,155	588,189	546,618	624,479	7,048,797
DIESEL	1,000,152	1,179,18	1,011,137	970,222	917,548	1,120,443	11,898,268
DIESEL PREMIUM	3,701,388	4,257,24	4,170,197	4,094,580	4,148,346	4,447,523	50,423,536
TOTAL	9,619,498	10,855,5	10,610,51	10,446,735	10,460,988	11,132,550	127,297,61
CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE COMBUSTIBLES AL AÑO (EN GALONES):							10608134.4

Fuente: Secretaria de Hidrocarburos del Ecuador

Este método consiste en calcular un factor de expansión con el cual se afecta al tráfico observado con el propósito de que sea representativo de todo el año. A su vez, el factor de expansión es el producto de los factores de corrección y ajuste del tráfico observado que matemáticamente que se expresa con la ecuación número diez.

$$TPDA = TO \times Fe \quad (10)$$

Donde,

TO = Tráfico observado

Fe = Factor de expansión

En la ecuación 11, se pueden observar los factores de corrección del tráfico de los cuales depende el Factor de Expansión, a continuación, se describe el procedimiento de cálculo para cada uno de ellos.

$$Fe = fh \times fd \times fs \times fm \quad (11)$$

- **Factor horario (fh):** permite llevar el tráfico observado (mediante la experiencia obtenida de estudios previos, se considera el tráfico observado durante un período de 12 horas consecutivas) a un valor de tráfico diario:

$$fh = \frac{\text{Total tráfico del conteo automático del día correspondiente conteo manual}}{\text{Tráfico de conteo automático correspondiente a las horas conteo manual}} \quad (12)$$

- **Factor diario (fd):** permite llevar el tráfico diario (obtenido con el factor horario) a un valor de tráfico mensual:

$$fd = \frac{\text{Promedio diario semanal de conteo automático}}{\text{Tráfico del conteo automático del día correspondiente al conteo manual}} \quad (13)$$

- **Factor semanal (fs):** permite llevar el tráfico semanal (obtenido con el factor diario) a un valor de tráfico mensual:

$$fs = \frac{\text{Promedio del tráfico semanal del conteo automático}}{\text{Tráfico de la semana que contiene el día del conteo manual}} \quad (14)$$

- **Factor mensual (fm):** permite llevar el tráfico mensual (obtenido con el factor semanal) a un valor de tráfico anual:

$$fm = \frac{\text{Consumo promedio mensual de combustible}}{\text{Consumo de combustibles del mes que contiene el conteo manual}} \quad (15)$$

1.6. NIVELES DE SERVICIO

Es una medida cualitativa que describe la operación de un flujo vehicular y de su percepción por un motorizado o pasajeros. Esta medida viene dado bajo condiciones de la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. Existen dos factores que afecta el nivel de servicio, los internos que varían con la velocidad, el volumen, la composición del tránsito, etc.; y en

los externos están las características físicas, ancho de carril, pendientes, etc. Se han establecido seis niveles de servicios que van del mejor a peor.

- Nivel de servicio A: Representa circulación a flujo libre. Se tiene una libertad para seleccionar la velocidad deseada y maniobras dentro del tránsito. Es el nivel con mayor comodidad y conveniencia adecuado para la circulación del motorista, pasajero o peatón.
- Nivel de servicio B: Esta dentro del rango de flujo libre. La selección de velocidad deseada sigue inafectada, pero disminuye un poco la libertad de maniobra
- Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros y la libertad de maniobrar comienza a ser restringida.
- Nivel de servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, pero estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan restringidas y el conductor y peatón tienen comodidad y conveniencia bajo.
- Nivel de servicio E: El funcionamiento está cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida, se vuelve uniforme, la libertad para maniobrar es muy difícil, por lo que el vehículo o peatón tiene que ceder el paso.
- Nivel de servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Se produce cuando la cantidad de tránsito, excede la cantidad que puede pasar por él.

1.6.1. Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas.

Las intersecciones semaforizadas constituyen uno de los componentes más complejos de un sistema vial. Para analizarlas hay que tener en cuenta una amplia variedad de variables, tales como, intensidad y distribución de los movimientos vehiculares, la composición del tránsito, las características geométricas de la vía y los detalles de la aplicación de los semáforos.

Este tipo de intersecciones se reduce considerablemente el conflicto de los giros en el cruce, pues mediante el dispositivo de los semáforos es posible asignar el paso a determinados flujos en tiempo diferente. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el tiempo que pierden los vehículos en espera de su turno para circular, y las largas colas

que esto genera; es por ello que al momento de decidir si es factible la semaforización de una intersección, son muchos los factores que se tienen que considerar, entre ellos la intensidad del volumen de tránsito, el flujo peatonal, así como historial de accidentes que se registre.

Metodología del HCM 2000 (Highway Capacity Manual 2000) evalúa la calidad de operación vehicular a través de la determinación del nivel de servicio de cada acceso y de toda la intersección globalmente, para lo cual esta metodología se divide en cinco módulos.

1.6.1.1. Módulo de entradas

Para un análisis operacional de una intersección, se necesitan las condiciones geométricas, de tráfico y de señalización.

A. Condiciones geométricas

La geometría de la intersección se presenta de forma esquemática en donde se incluye el número de carriles, ancho de los mismos, los movimientos que se permiten en cada uno de los accesos y su composición en términos de automóviles, autobuses y camiones, el tipo de área en la cual está emplazada la intersección, ubicación de los estacionamientos, existencia de carriles exclusivos para giros a la derecha o izquierda, longitud de los mismos y pendientes de los accesos.

B. Condiciones de tránsito

Las condiciones de tránsito son importantes en términos de evaluar la capacidad vial, para lo cual es necesario disponer de los volúmenes de tránsito para cada movimiento en cada acceso y la composición en función de vehículos livianos, buses y camiones, se debe considerar el número de buses urbanos que realizan paradas, antes y después de la intersección para el embarque y desembarque de pasajeros. De la misma manera, se tiene que contar con los flujos peatonales y de medios de transporte no motorizados que resultan en conflicto con los giros vehiculares permitidos a la derecha. Los flujos peatonales y de bicicletas utilizados para analizar un acceso específico, corresponden a los flujos en el cruce peatonal que interfieren con los vehículos que giran a la derecha.

C. Condiciones semafóricas

Se refiere al diagrama de fases, longitud del ciclo, tiempos de verde e intervalos de cambio y despeje, para cada uno de los movimientos permitidos.

Para describir la calidad de la progresión vehicular entre intersecciones, se identifican seis tipos de llegadas a los accesos de las intersecciones, para cada grupo de carriles.

- **Tipo 1:** Grupos densos de vehículos que llegan al inicio de la fase roja. La progresión es muy deficiente.
- **Tipo 2:** Grupos moderados de vehículos que llegan a la mitad del rojo. La progresión es desfavorable en vías de dos sentidos.
- **Tipo 3:** Llegadas aleatorias de vehículos, este tipo de llegadas representan la operación en intersecciones aisladas o no interconectadas, los beneficios de la progresión son notoriamente bajos.
- **Tipo 4:** Grupos moderados de vehículos que llegan a la mitad de la fase verde. La progresión es favorable en vías de doble sentido.
- **Tipo 5:** Grupos densos de vehículos que llegan al inicio de la fase verde. La progresión es bastante favorable.
- **Tipo 6:** Representa una progresión excepcional. Grupos densos que progresan con fluidez a lo largo de varias intersecciones no muy espaciadas.

1.6.1.2. Módulo de ajuste de volúmenes de tránsito

Este módulo se enfoca básicamente en:

- Ajustar los volúmenes horarios a tasas de flujo para demanda máxima de períodos de 15 minutos dentro de la hora mediante el cálculo del factor de hora pico.
- Establecimiento de grupos de carriles para el análisis.
- Ajuste de los flujos de demanda para reflejar cómo es la distribución del volumen en los diferentes carriles.

En este módulo ajuste de volúmenes de tránsito se calcula los siguientes parámetros:

1.6.1.2.1. Factor de Hora de Máxima Demanda o Factor Hora Pico

Este factor es calculado con la ecuación número 4.

1.6.1.2.2. Tasa de flujo

Este factor es calculado con la ecuación número 2.

1.6.1.2.3. Cálculo del Grupo de Carriles.

El grupo de carriles se define como uno o más carriles de circulación que cuentan con una línea de detención común y cuya capacidad la comparten todos los vehículos que circulan por el o los carriles. De esta manera, se puede apreciar que el grupo de carriles de un acceso agrupa un conjunto de flujos vehiculares en función de la dirección que tome cada uno. (Highway Capacity Manual 2010).

Se deben formar grupos de carriles separados, cuando exista isletas canalizadoras a nivel que concedan el paso exclusivo ya sea a la derecha o a la izquierda; los demás carriles directos se consideran en un grupo simple de carriles.

Para un acceso, cuando el flujo de vuelta a la izquierda en el carril del extremo izquierdo es menor que el flujo promedio en los demás carriles, se supone que los vehículos directos comparten el carril izquierdo y todo el acceso puede suponerse en un grupo de carriles simple. En caso de ser mayor, el carril exterior se debe designar como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda en un grupo de carriles separado.

$$VI < \frac{Va - VI}{N - 1} \quad (16)$$

$$VI \geq \frac{Va - VI}{N - 1} \quad (17)$$

Donde,

VI = volumen actual de vuelta a la izquierda (vehículos/hora)

Va = volumen actual de vuelta en el acceso (vehículos/hora)

N = número de carriles del acceso

Si la primera desigualdad se cumple, el carril extremo izquierdo es un carril compartido y se usa un solo grupo de carriles para todo el acceso. Si por el contrario, se cumple la

segunda desigualdad, el carril extremo izquierdo actúa como un carril exclusivo de vueltas a la izquierda y, por lo tanto, deberá establecerse como un grupo separado de carriles.

1.6.1.3. Módulo de flujo de saturación

La tasa de Flujo de Saturación se define como “la tasa máxima de flujo en un acceso o grupo de carriles, que atraviesa la intersección bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y la calle suponiendo que el 100% del tiempo disponible es verde efectivo” (Highway Capacity Manual 2000). Esta tasa se expresa en vehículos por hora de luz verde y se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$S_i = S_o * N * fw * fhv * fg * fp * fLu * faut * fa * fder * fizq * f_{Lpb} * f_{Rpb} \quad (18)$$

Donde,

S_i = tasa del flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/hora de verde)

S_o = tasa de saturación ideal por carril, por lo general 1900 (autos/hora verde/carril)

N = número de carriles del grupo de carriles

fw = factor de ajuste por el ancho del carril

fhv = factor de ajuste por vehículos pesados

fg = factor de ajuste por pendiente del afluente

fp = factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

fLu = factor de ajuste por utilización de carriles

faut = factor de ajuste para el efecto de bloque de autobuses que se paran cerca de la intersección

fa = factor de ajuste para el tipo de área

fder = factor de ajuste para giros a la derecha en el grupo de carriles

fizq = factor de ajuste para giros a la izquierda

fLpb = factor de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas giros a la izquierda

fRpb = factor de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas giros a la derecha

Cada término mencionado se calcula de la siguiente manera:

- **fw** = factor de ajuste por el ancho del carril

$$f_w = 1 + \frac{W-3.6}{9} \quad (19)$$

Donde,

W = ancho del carril expresado en metros, tomando en consideración que si supera los 4.8m se deberá analizar como dos carriles.

- **fhv** = factor de ajuste por vehículos pesados

$$f_{hv} = \frac{100}{100 + \%hv * (E_T - 1)} \quad (20)$$

$$E_T = 2.4 * \frac{\text{autos}}{\text{vehículos pesados}} \quad (21)$$

Donde,

%hv = porcentaje de vehículos pesados del grupo de carriles

- **fg** = factor de ajuste por pendiente del afluyente

$$f_g = 1 + \frac{\%G}{200} \quad (22)$$

Donde,

%G = porcentaje de gradiente

- **fp** = factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N} \quad (23)$$

Donde,

N = numero de carriles del grupo

Nm = numero de maniobras de estacionamiento por hora

Este factor tomará el valor de 1 en el caso de que no existan estacionamientos, o un valor mayor o igual a 0.05 para el caso de que el número de maniobras por hora esté en el rango de 1 hasta 180 estacionamientos.

- **fLu** = factor de ajuste por utilización de carriles

$$fLu = \frac{Vg}{V_{g1} * N} \quad (24)$$

Donde,

Vg = tasa de flujo de demanda no ajustada del grupo de carriles

V_{g1} = tasa de flujo de demanda no ajustada del carril con el volumen mas alto del grupo

N = numero de carriles del grupo de carriles

- **faut** = factor de ajuste para el efecto de bloque de autobuses que se paran cerca de la intersección

$$faut = \frac{N - \frac{14.4 * Nb}{3600}}{N} \quad (25)$$

Donde,

N = numero de carriles por grupo

Nb = numero de buses que paran por hora

- **fa** = factor de ajuste para el tipo de área

Tomará el valor de 0.9 para áreas centrales de la ciudad o Distrito central de negocios, y un valor de 1 para otras áreas.

- **fder** = factor de ajuste para giros a la derecha en el grupo de carriles

$$fder = 0.85 \quad \text{para carril exclusivo} \quad (26)$$

$$fder = 1 - 0.15 * P_{RT} \quad \text{para carril compartido} \quad (27)$$

$$fder = 1 - 0.135 * P_{RT} \quad \text{para carril simple} \quad (28)$$

Donde,

$$P_{RT} = \text{proporcion de giros a la derecha en l grupo de carriles} \quad (29)$$

- **fizq** = factor de ajuste para giros a la izquierda

$$fizq = 0.95 \quad \text{para carril exclusivo} \quad (30)$$

$$fizq = \frac{1}{1 + 0.05 * P_{LT}} \quad \text{para carril compartido} \quad (31)$$

Donde,

P_{LT} = proporción de giros a la izquierda en el grupo de carriles

- **fLpb** = factor de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas giros a la izquierda

$$f_{Lpb} = 1 - P_{LT} * (1 - A_{pbT}) * (1 - P_{LTA}) \quad (32)$$

Donde,

P_{LT} = proporción de giros a la izquierda en el grupo de carriles

A_{pbT} = el ajuste a la fase permitida

P_{LTA} = proporción de giros a la izquierda que usan la fase protegida

Para el caso de no existir bloqueo de peatones y bicicletas estos dos factores tomarán el valor de 1.

- **fRpb** = factor de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas giros a la derecha

$$f_{Rpb} = 1 - P_{RT} * (1 - A_{pbT}) * (1 - P_{RTA}) \quad (33)$$

Donde,

P_{RT} = proporción de giros a la derecha en el grupo de carriles

A_{pbT} = el ajuste a la fase permitida

P_{RTA} = proporción de giros a la derecha que usan la fase protegida

Para el caso de no existir bloqueo de peatones y bicicletas estos dos factores tomarán el valor de 1.

1.6.1.4. Módulo de volumen/capacidad y relación de análisis de capacidad

Capacidad (c_i)

Se define como “la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramo uniforme de un carril o calzada durante un período definido de tiempo, bajo las condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de regulación” (HCM, 2000). La capacidad se determina para cada grupo de carriles o para el acceso en general mediante la expresión:

$$c_i = s_i * \left(\frac{g_i}{C}\right) \quad (34)$$

Donde,

s_i = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i expresada en vehículos por hora de luz verde

g_i = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles i expresado en segundos

C = Ciclo de semáforo expresado en segundos

g_i/C = Relación de verde efectivo para el grupo de carriles i

1.6.1.4.1. Relación Volumen/Capacidad (X_i)

Se conoce como “el grado de saturación para cada grupo de carriles i ”. Valores superiores a 1 indican un exceso o sobresaturación de la demanda sobre la capacidad del grupo de carriles i .

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (35)$$

Donde,

v_i = Tasa de flujo de demanda actual o proyectada del grupo de carriles i

c_i = Capacidad del grupo de carriles i expresada en vehículos por hora

1.6.1.5. Módulo de Nivel de Servicio

El nivel de servicio para intersecciones semaforizadas está directamente relacionado con el control de demoras de tiempo parado por vehículo. Para determinar los niveles de servicio se siguen los siguientes criterios:

Tabla 1.3 Criterios para determinar el Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

Niveles de Servicio	Demoras de tiempo parado por vehículo (s)
A	Menores de 10
B	Mayores de 10 y menores de 20
C	Mayores de 20 y menores de 35
D	Mayores de 35 y menores de 55
E	Mayores de 55 y menores de 80
F	Mayores de 80

Fuente: Cal y Mayor y Cárdenas

1.6.1.6. Cálculo de las demoras

Las demoras de tiempo parado por vehículo en un grupo de carril están dados por la siguiente ecuación:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (36)$$

Dónde,

d = demora media por control $\left(\frac{s}{veh}\right)$

d_1 = demora uniforme $\left(\frac{s}{veh}\right)$

PF = factor de ajuste por coordinación (considera efectos de coordinación de semáforos)

d_2 = demora incremental $\left(\frac{s}{veh}\right)$

d_3 = demora por cola inicial $\left(\frac{s}{veh}\right)$

1.6.1.6.1. Factor de ajuste por coordinación

$$PF = \frac{(1-P) \times f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{c}\right)} \quad (37)$$

Dónde,

P = proporción de vehículos que llegan en verde

$\frac{g}{c}$ = proporción de tiempo de verde disponible

f_{PA} = factor de ajuste suplementario por grupo vehiculares que llegan en el verde

El valor de P se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$P = R_p \left(\frac{g}{c}\right) \quad (38)$$

$$P \leq 1 \quad (39)$$

Dónde,

R_p = relación de grupo de vehículos

En el HMC 2000 capítulo 15 se indican los valores de los factores f_{PA} y R_p en función del tipo de llegada de los vehículos (establecida condiciones prevaecientes de semaforización, módulo de entradas).

Tabla 1.4 Proporción de verde disponible

Proporción de verde disponibles (g/c)	Tipo de llegada					
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6
0.2	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.75
0.3	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.4	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.5	1.667	1.24	1.000	0.767	0.333	0.000
0.6	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.7	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
fpA	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Rp	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

Fuente: HCM 2000

1.6.1.6.2. Demora uniforme (d1)

Es la demora que ocurriría suponiendo llegadas uniformes, de tal manera que ningún ciclo resulta saturado, se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_1 = \frac{0,5(C)\left(1-\frac{g}{c}\right)^2}{1-\left[\min(1,x)\left(\frac{g}{c}\right)\right]} \quad (40)$$

Dónde,

d_1 = demora uniforme (s/veh)

C = ciclo del semáforo (s)

g/c = proporción de tiempo verde disponible.

X = relación volumen/capacidad.

1.6.1.6.3. Demora incremental (d2)

En esta demora se toma en cuenta las llegadas aleatorias de los vehículos a la intersección que ocasiona algunos ciclos sobreesaturadas durante el período de análisis, se determina mediante la expresión:

$$d_2 = 900(T) \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8(k)(l)(X)}{(c)(T)}} \right] \quad (41)$$

Donde,

d_2 = demora incremental (s/veh)

T = duración período análisis ($T = 0.25$ para períodos de 15 minutos en los aforos)

X = relación volumen/capacidad

c = capacidad (vehículos/hora)

k = factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones accionadas, $k = 0.50$ para intersecciones prefijadas.

I = factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba. Es igual a 1 para intersecciones aisladas.

1.6.1.6.4. Demora por cola inicial (d_3)

Esta demora considera las que producen todos los vehículos que se encuentran en la cola inicial al comienzo del período de análisis, debido a que la cola debe primero desalojar la intersección, produciendo retrasos en los vehículos que vienen detrás y se determina mediante:

$$d_3 = \frac{1800(Q_b)(1+u)(t)}{(c)(T)} \quad (42)$$

Donde,

d_3 = demora por cola inicial (s/veh)

Q_b = cola inicial al principio del período T (veh)

T = duración período análisis ($T = 0.25$ para períodos de 15 minutos en los aforos)

u = parámetro de demora

c = capacidad ($veh/hora$)

t = duración de la demanda insatisfecha (horas)

Para la estimación de esta demora, existen cinco posibles escenarios.

- **Caso 1:** El período no es saturado, sin cola inicial.

$$Q_b = 0, \text{ por lo tanto, } d_3 = 0$$

- **Caso 2:** El período es sobre saturado, sin cola inicial.

$$Q_b = 0, \text{ por lo tanto, } d_3 = 0$$

- **Caso 3:** Ocurre cuando la cola inicial Q_b se disipa durante T. para que esto ocurra deberá cumplirse que:

$$Q_b + q_T < c_T \quad (43)$$

Donde,

q_T = demanda total en T

c_T = capacidad disponible en T

- **Caso 4:** Ocurre cuando aún existe demanda insatisfecha al final de T, pero la misma es decreciente. Para que esto ocurra deberá cumplirse que:

$$q_T < c_T \quad (44)$$

- **Caso 5:** Ocurre cuando la demanda en T, excede a la capacidad disponible en dicho período. Aquí la demanda insatisfecha se incrementa al final de T. Para que esto ocurra deberá cumplirse que:

$$q_T > c_T \quad (45)$$

Para los casos 3,4 y 5:

$$t = 0 \text{ si } Q_b = 0 \quad (46)$$

Caso contrario:

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right\} \quad (47)$$

Donde,

t = duración de la demanda insatisfecha (horas)

c = capacidad ($veh/hora$)

Q_b = cola inicial al principio del período T (veh)

X = relación ($volumen/capacidad$)

$$u = 0 \text{ si } t < T \quad (48)$$

Caso contrario:

$$u = 1 - \frac{(c)(T)[1-\min(1,X)]}{Q_b} \quad (49)$$

Donde,

u = Parámetro de demora

c = capacidad (*veh/hora*)

T = duración período de análisis (0.25 para períodos de 15 min. En aforos)

Q_b = cola inicial al principio del período T (*veh*)

X = relación (*volumen/capacidad*)

1.6.1.6.5. Demoras en los accesos

Se determina como un promedio ponderado de las demoras totales de todos los grupos de carriles del acceso, a través de la siguiente formula:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i \times V_i)}{\sum_{i=1}^A (V_i)} \quad (50)$$

Donde,

A = número de grupo de carriles en el acceso A

d_A = demora en el acceso A (*s/veh*)

d_i = demora en el grupo de carriles i, del acceso A (*s/veh*)

V_i = volumen ajustado del grupo de carriles i (*veh/hora*)

1.6.1.6.6. Demoras en la intersección

Se determina como un promedio ponderado de las demoras en todos los accesos y se calcula mediante:

$$d_I = \frac{\sum_{i=1}^I (d_A \times V_A)}{\sum_{i=1}^I (V_A)} \quad (51)$$

Donde,

I = número de accesos en la intersección I

d_I = demora en la intersección (*s/veh*)

d_A = demora en el acceso A (*s/veh*)

V_A = volumen ajustado del Acceso A (*veh/hora*)

1.6.2. Niveles de Servicio en intersecciones no semaforizadas

La metodología a emplear para el cálculo de niveles de servicio de estas intersecciones, se encuentra en el capítulo 16 del Highway Capacity Manual 2000. Para su determinación, se recurre a los conceptos y procedimientos ahí detallados. A continuación se puntualizan algunas definiciones que se utilizarán en la descripción de la metodología a emplear.

- **Calle principal:** Es el acceso a la intersección, en el cual los vehículos tienen preferencia para cruzar de un lado a otro, y por lo general, no cuentan con señalización vertical que indique pare o ceda el paso, precisamente porque tienen prioridad en el paso; más si debe existir la señalización respectiva que muestre la jerarquía (principal) de la vía en cuestión.
- **Calle secundaria:** Es el acceso a la intersección, en el cual los vehículos no tienen la preferencia para cruzar de un lado a otro; y por lo tanto, cuentan con señalización vertical que indique pare o ceda el paso, precisamente para que los vehículos se detengan a tiempo, además, también existe la señalización respectiva que muestre la jerarquía (secundaria) de la vía en cuestión.
- **Tiempo continuo:** Es el tiempo mínimo promedio aceptado entre la salida de un vehículo de la calle secundaria y la salida de un segundo vehículo usando el mismo intervalo, es decir, el tiempo necesario entre dos vehículos consecutivos para que puedan desalojar la vía secundaria.
- **Intervalo:** Es el tiempo, en segundos, que le toma a la parte delantera de un segundo vehículo consecutivo para llegar al punto de partida de la parte delantera del primer vehículo; es decir, es la medida de tiempo entre las respectivas partes traseras de dos vehículos consecutivos que se mueven en una misma dirección.
- **Intervalo crítico:** Es el intervalo mínimo promedio aceptado que permite la entrada a la intersección para un vehículo de la calle secundaria (o giro a la izquierda desde la calle principal), por lo tanto, es el tiempo mínimo que se requiere para que un vehículo se incorpore hacia la intersección, si proviene de los movimientos conflictivos.
- **Capacidad potencial:** Es aquella que asume, que todos los espacios disponibles son usados por los movimientos vehiculares actuantes (en los cuales hay una gran

prioridad de movimientos vehiculares y peatonales esperando usar uno de estos espacios).

1.6.2.1. Análisis de Intersecciones No Semaforizadas

Metodología TWSC (Two Way Stop Controlled Intersections)

El procedimiento descrito por la HCM 2000 está destinado para intersecciones en las cuales únicamente dos de los accesos (correspondientes a las calles secundarias) están señalizados mediante advertencias de “Pare” ó “Ceda el Paso”, mientras que la calle principal tiene paso libre sin ningún tipo de restricciones.

Esta metodología, se basa en la teoría del intervalo y tiempo continuo, y también en la prioridad de los diferentes movimientos direccionales en cada acceso, tanto para las calles principales como secundarias. En este tipo de intersecciones es muy importante la jerarquía que tiene cada movimiento, pues el flujo de cada movimiento tendrá mayor o menor dificultad para realizar las maniobras de incorporación a cualquiera de las salidas de la intersección, en función de la jerarquía y de la prioridad que tenga.

En el capítulo 17 del HCM 2000 menciona la jerarquía o “rank” para el tráfico de cada movimiento direccional, según el tipo de intersección a nivel. En la figura 1-1 observamos los accesos que tienen las señales de “Pare” corresponden a las calles secundarias de la intersección, y las demás, a las principales. Como se puede apreciar, también se consideran los flujos peatonales 13, 14, 15 y 16.

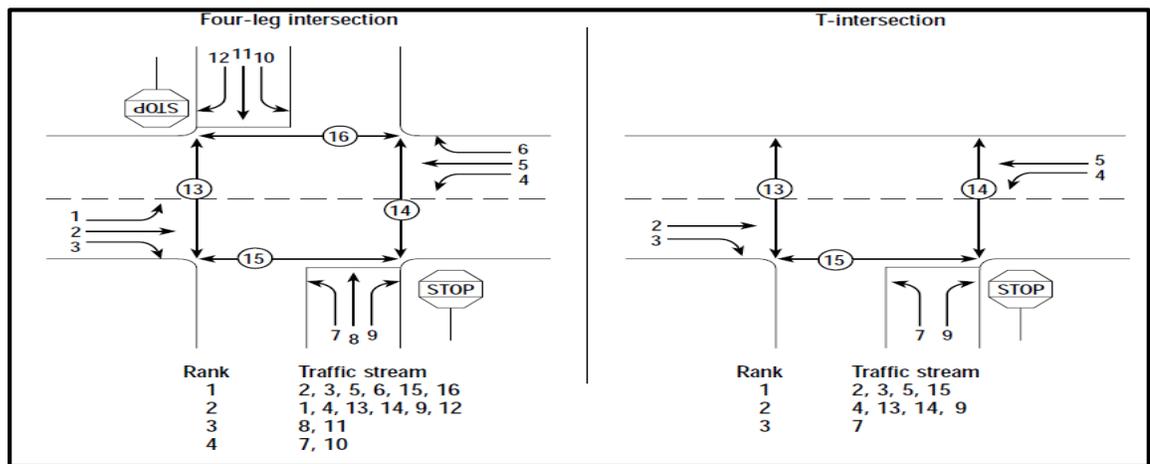


Figura 1.1 Nivel de jerarquía de cada flujo

Fuente: HCM 2000

La jerarquía 1 contiene a los movimientos vehiculares que tienen mayor prioridad, tanto para la intersección de 4 accesos, como para la intersección tipo T, y la prioridad disminuye conforme aumenta la denominación de la jerarquía.

1.6.2.1.1. Determinación de volúmenes de conflicto

En este tipo de intersecciones, cada movimiento se enfrenta a diferentes conflictos que están directamente relacionados con la naturaleza del movimiento. En orden de jerarquía, se describe a continuación los conflictos que se presentan para cada movimiento. Los giros hacia la izquierda en la calle principal tienen conflicto con los flujos frontales y derechos de dicha calle, ya que debe atravesar los primeros y unirse con los segundos; por otra parte, también presentan conflicto con los flujos peatonales que cruzan las calles secundarias. En la figura 1-2 observamos lo expuesto anteriormente.

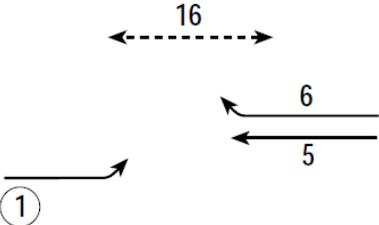
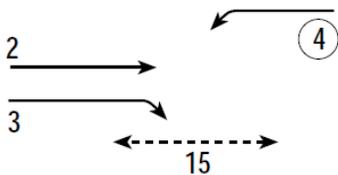
Movimiento Conflictivo	Movimientos que causan conflicto y movimientos conflictivos $V_{c,x}$	
Giro izquierdo en calle principal (1,4)	 $V_{c,1} = V_5 + V_6^{[a]} + V_{16}$	 $V_{c,4} = V_2 + V_3^{[a]} + V_{15}$

Figura 1.2 Movimientos conflictivos de giros a la izquierda en la calle principal

Fuente: HCM 2000

Nota (a): Si existe una isleta canalizadora a nivel para los giros derechos de la calle principal, entonces no se consideran los flujos V_3 y V_6 .

Los giros a la derecha de la calle secundaria está en conflicto con los flujos frontales que van por el carril derecho de la calle principal, ya que se incorporan en la misma dirección. Además, también tiene inconvenientes con los flujos peatonales que atraviesan tanto las calles secundarias como las principales. En la figura 1-3 observamos lo mencionado.

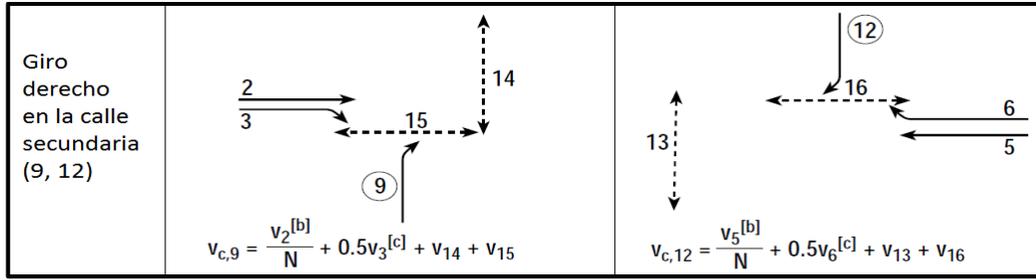


Figura 1.3 Movimientos conflictivos hacia la derecha de calle secundaria

Fuente: HCM 2000

Nota (b): Si existe más de un carril en la calle principal, los flujos en el carril derecho se asumen como $(V2/N)$, donde N es el número de carriles frontales.

Nota (c): Si existe un carril exclusivo para el giro derecho en la calle principal, V3 y V6 no deben ser considerados.

Los movimientos de frente en las calles secundarias tienen conflicto directo de cruce o de encuentro con todos los movimientos de la calle principal, así como también con los movimientos peatonales que atraviesan las calles secundarias. En la figura 1-4 se resume lo mencionado.

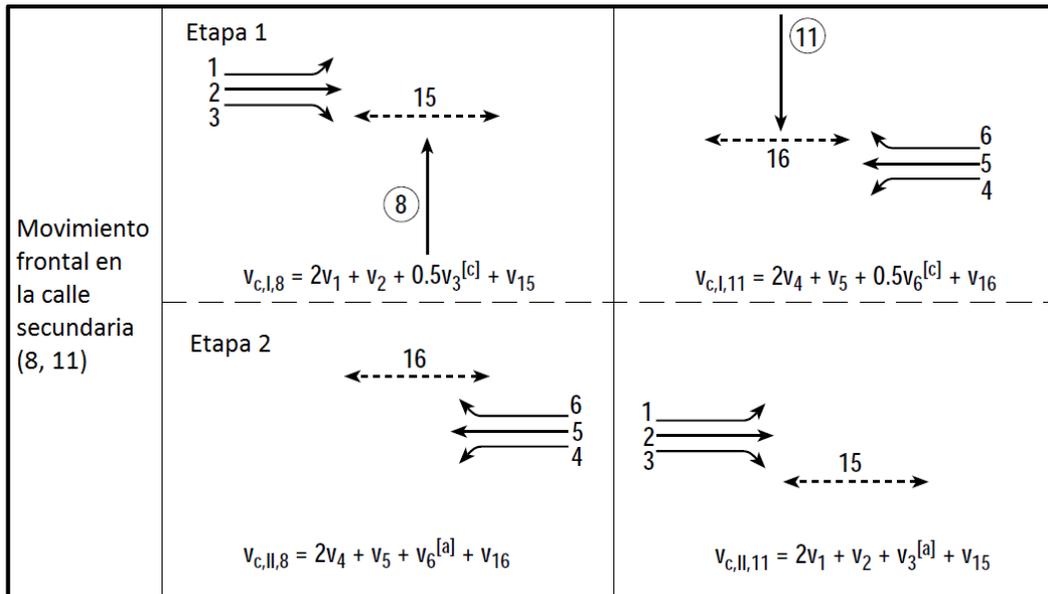


Figura 1.4 Movimientos conflictivos de calle secundaria con principal

Fuente: HCM 2000

Como se puede observar en la figura 1-4, existen dos etapas para un mismo movimiento. La primera ocurre cuando al cruzar la calle principal, el movimiento frontal se encuentra con todos los flujos que vienen de una dirección de la calle principal, y después, al cruzar la berma central se produce la segunda fase, cuando se cruza con el flujo de tráfico opuesto (en la otra dirección de la calle principal).

Finalmente, los giros a la izquierda desde las calles secundarias son las maniobras más difíciles de ejecutar en este tipo de intersecciones, ya que tienen conflicto de cruce y/o encuentro con todos los movimientos de las calles principales, a más de los frontales y giros derechos de las calles secundarias y adicionalmente interfiere también con todos los movimientos peatonales, tanto de las calles principales como de las secundarias. A continuación, en la figura 1-5 se ilustra todo lo mencionado anteriormente.

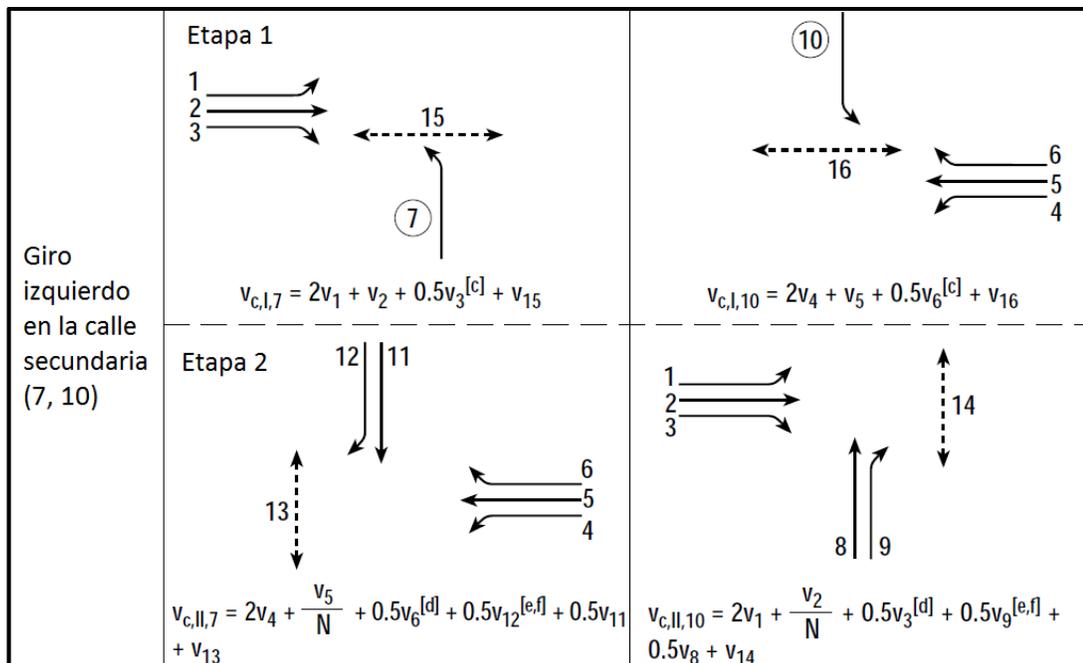


Figura 1.5 Movimientos conflictivos de calle secundaria con giros a la izquierda hacia calle principal Fuente: HCM 2000

Nota (d): Omitir el más alejado giro a la derecha V_3 para el movimiento conflictivo V_{c10} , o V_6 para el movimiento conflictivo V_{c7} si la calle principal cuenta con más de un carril.

Nota (e): Si existe una isleta canalizadora a nivel para los giros derechos desde la calle

secundaria, y dichos movimientos deben respetar señales de “Pare” o “Ceda el paso”, entonces los flujos V9 y V12 no necesitan ser considerados.

Nota (f): Omitir los flujos V9 y V12 para intersecciones de varios carriles, o usar la mitad de sus valores, si los accesos por las calles secundarias está abocinados.

Como se puede observar en la figura 1-5, en este caso también existen dos etapas para un mismo movimiento. La primera ocurre cuando al cruzar la calle principal, el movimiento frontal se encuentra con todos los flujos que vienen en una dirección de dicha calle, y después, al cruzar la berma central se produce la segunda fase, cuando se cruza el flujo de tráfico opuesto (en la otra dirección de la calle principal), a más de cruzarse con el flujo frontal de la calle secundaria y unirse con el flujo derecho de dicha calle.

El volumen de conflictos para un movimiento determinado se calcula mediante las ecuaciones que se observan en la parte inferior de cada uno de los diagramas precedentes, tomando en cuenta las respectivas observaciones que se realizan en cada nota al pie de las figuras.

1.6.2.2. Intervalos críticos y tiempos continuos

El intervalo crítico (tcx) y el tiempo continuo (tfx), definidos al inicio del análisis de intersecciones no semaforizadas, constituyen parámetros que dificultan la maniobrabilidad de los conductores, quienes se ven influenciados por dicha dificultad.

Tabla 1.5 Intervalos críticos bases y tiempos continuos bases

Movimiento vehicular	Intervalo crítico base, tcb (s)		Tiempo continuo, tbf (s)
	Calle principal de 2 carriles	Calle principal de 4 carriles	
Giro izquierdo desde calle principal	4,1	4,1	2,2
Giro derecho desde calle secundaria	6,2	6,9	3,3
Tráfico frontal en calle secundaria	6,5	6,5	4
Giro izquierdo desde calle secundaria	7,1	7,5	3,5

Fuente: HCM 2000

Tabla 1.6 Ajustes para intervalo crítico y tiempos continuos

Factor de ajuste	Valores	Descripción de casos en que se utiliza
tcHV	1,0	Calle principal de 2 carriles
	2,0	Calle principal de 4 carriles
tcT	1,0	1era o 2da fase del proceso de 2 fases
	0,0	Proceso de una sola fase
t3LT	0,7	Giro a la izquierda de una intersección T
	0,0	Otros movimientos
tfHV	0,9	Calle principal de 2 carriles
	1,0	Calle principal de 4 carriles
tcG	0,1	Movimientos 9 y 12
	0,2	Movimientos 7, 8, 10 y 11
	1,0	Otros movimientos

Fuente: HCM 2000

El intervalo crítico (tcx) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$tcx = tcb + tcHV \cdot PHV + tcG \cdot G - tcT - t3LT \quad (52)$$

Dónde:

tcx = intervalo crítico para cada movimiento por cada flujo de conflicto descrito en las figuras anteriores

tcb = intervalo critico base ver tabla 1-5

$tcHV$ = factor de ajuste para vehículos pesados ver tabla 1-6

PHV = proporción de vehículos pesados

tcG = factor de ajuste por pendiente ver tabla 1-6

G = pendiente

tcT = factor de ajuste para intervalo aceptado en dos etapas ver tabla 1-6

$t3LT$ = factor de ajuste por geometría de la intersección ver tabla 1-6

El tiempo continuo (tfx) se obtiene a través de la siguiente formulación:

$$tfx = tfb + tfHV \cdot PHV \quad (53)$$

Donde,

tfx = tiempo continuo para cada movimiento x

tfb = tiempo continuo base ver tabla 1-5

tfHV = factor de ajuste para vehículos pesados ver tabla 1-6

PHV = proporción de vehículos pesados

1.6.2.3. Capacidad Potencial

Según el modelo de intervalo aceptado, para un movimiento determinado es calculado con la siguiente expresión.

$$c_{px} = (V_{cx}) \left[\frac{e^{-(v_{cx} * \frac{t_{cx}}{3600})}}{1 - e^{-(v_{cx} * \frac{t_{cx}}{3600})}} \right] \quad (54)$$

Donde,

cpx = capacidad potencial del movimiento x, (*veh/hora*)

vex = tasa de flujo de conflicto para un movimiento x, (*veh/hora*)

tcx = intervalo crítico para cada movimiento x, (*veh/hora*)

tfx = tiempo continuo para cada movimiento x

Esta capacidad potencial es definida como la capacidad para un movimiento específico, asumiendo algunas condiciones base que establece el HCM 2000 en su capítulo 17.

- El tráfico de las intersecciones cercanas no altera la intersección de estudio.
- Un carril separado es provisto para uso exclusivo de cada movimiento en la calle secundaria.
- Una señal cercana a la intersección no afecta los patrones de llegada del tráfico de la calle principal.
- Ningún otro movimiento de la jerarquía 2, 3 o 4 impide el movimiento de estudio.

1.6.2.4. Capacidad de movimiento y efectos de movimiento que restringen la capacidad

Se considera que los flujos correspondientes a las jerarquías 1 y 2 no tienen ningún impedimento producto de los movimientos en la calle secundaria, por lo tanto, los flujos de la calle principal no deberían tener demoras altas, al tener prioridad ante las jerarquías 3 y 4.

A continuación se detallan los derechos de paso y de parada de cada jerarquía o “rank” (en inglés).

1. La jerarquía 1 (se denota como **i**) tiene derecho de paso libre frente a las jerarquías 2, 3 y 4.
2. La jerarquía 2 (se denota como **j**) tiene derecho de paso libre frente a las jerarquías 3 y 4, y debe ceder el paso a la jerarquía 1.
3. La jerarquía 3 (se denota como **k**) tiene derecho de paso libre frente a la jerarquía 4, y debe ceder el paso a las jerarquías 1 y 2.
4. La jerarquía 4 (se denota como **l**) debe ceder el paso a las jerarquías 1, 2 y 3.

1.2.2.4.1 Capacidad de movimiento para cada jerarquía

Jerarquía 2

La capacidad de movimiento de cada flujo de la jerarquía 2 se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$cmj = cpj \quad (55)$$

Donde,

cmj = capacidad de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 2 (*veh/hora*)

cpj = capacidad potencial de movimiento de los flujos correspondientes a jerarquía 2 (*veh/hora*)

Jerarquía 3

La capacidad de los flujos de la jerarquía 3 se ve afectada por las restricciones de paso que tiene frente a las jerarquías 1 y 2, en especial por los giros izquierdos de la calle principal, por lo tanto, no todos los intervalos disponibles pueden ser aprovechados por los flujos de la jerarquía 3, ya que también son esperados por los giros izquierdos ya mencionados.

La magnitud de la restricción en la capacidad de movimiento está en función de la probabilidad de que los vehículos que realizan el giro hacia la izquierda en la calle principal, estén esperando un intervalo disponible al mismo tiempo que los vehículos de la jerarquía 3. Esta probabilidad se expresa mediante la siguiente expresión.

$$PVJ=1-\left(\frac{v_j}{c_{mj}}\right) \quad (56)$$

Donde,

P_{vj} = probabilidad de que los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 operen de flujo libre.

v_j = demanda de flujo real de los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 (*veh/hora*)

c_{mj} = capacidad de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 2 (*veh/hora*)

Por lo tanto, para obtener la capacidad de movimiento de los flujos de la jerarquía 3, se afecta su capacidad potencial por la probabilidad de los movimientos de la jerarquía superior ($j=2$).

$$C_{pk} = (c_{pk}) \sum_j P_{vj} \quad (57)$$

Donde,

c_{mk} = capacidad de movimientos de los flujos correspondientes a la jerarquía 3 (*veh/hora*)

c_{pk} = capacidad potencial de movimientos de los flujos correspondientes a la jerarquía 3 (*veh/hora*)

P_{vj} = probabilidad de los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 operen en condiciones de flujo libre.

Jerarquía 4

La capacidad de los flujos de jerarquía 4 se ve afectada por las colas que generan los movimientos conflictivos de las jerarquías superiores (1, 2 y 3). Las colas que se puedan formar en la calle principal para realizar los giros hacia la izquierda afectan la probabilidad de un flujo libre para los movimientos de la calle secundaria. Los giros hacia la izquierda de dicha calle se ven impedidos por los dos giros a la izquierda en la calle principal y los frontales en la secundaria. El producto de estos impedimentos se refleja en la siguiente ecuación.

$$p' = 0.65(p'') - \frac{p''}{p''+3} + 0,6 (\sqrt{p''}) \quad (58)$$

Donde,

p' = factor de ajuste por los efectos impedido (giros a la izquierda de la calle principal y los movimientos de paso directo a la calle secundaria)

$p'' = (Pv1)(Pv4)(Pv8)(Pv11)$ (59) \rightarrow producto de las probabilidades de movimiento 1,4,8 y 11.

Mientras que capacidad de movimiento de los flujos de la jerarquía 4, se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$C_{ml} = (C_{pl})[(p')(\sum_j P_{vj})] \quad (60)$$

Donde,

cml = capacidad de movimientos de los flujos correspondientes a la jerarquía 4 (*veh/hora*)

cpl = capacidad potencial de movimientos de los flujos correspondientes a la jerarquía 4 (*veh/hora*)

p' = factor de ajuste por los efectos impedidos (giros a la izquierda en la calle principal y los movimientos de paso directo de la calle secundaria)

P_{vj} = probabilidad de los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 operen en condiciones de flujo libre.

1.6.2.5. Determinación de capacidad de carriles compartidos

Si muchos movimientos comparten el mismo carril y no pueden detenerse al lado de la línea de parada, es necesario juntar algunos movimientos y reajustar en función de las nuevas condiciones. Para calcular esta capacidad ajustada se utiliza la siguiente ecuación.

$$C_{SH} = \frac{\sum V_y}{\sum \left(\frac{V_y}{C_{my}} \right)} \quad (61)$$

Donde,

CSH = capacidad del carril compartido (*veh/hora*)

v_y = tasa de flujo del movimiento "y" que comparte el carril con otros flujos secundarios.

c_{my} = capacidad de movimientos del movimiento “y” que comparte carril con flujos secundarios.

1.6.2.6. Determinación de demora controlada

La demora promedio controlada para cualquier movimiento de la calle secundaria está en función de la capacidad del acceso y del grado de saturación. El modelo analítico asume que la demanda es menor que la capacidad durante el período de análisis. De esta manera, la demora total es la diferencia total se atribuye a la producida por la presencia de cualquier tipo de señal, pare, ceda el paso, etc., que es posible cuantificar; para lo cual se emplea la siguiente expresión.

$$d_x = \frac{3600}{C_{mx}} + 900T \left[\left(\frac{V_x}{C_{mx}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{mx}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{mx}} \right) \left(\frac{V_x}{C_{mx}} \right)}{450T}} \right] + 5 \quad (62)$$

Donde,

d_x = demora controlada para cada movimiento “x” (s/veh)

v_x = tasa de flujo para cada movimiento “x” (veh/hora)

c_{mx} = capacidad de movimiento para cada movimiento “x” (veh)

T = período de tiempo de análisis, T=0.25 para un período de 15min (horas)

Tabla 1.7 Criterios para determinar el Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

Niveles de Servicio	Demoras de tiempo por vehículo (s)
A	menores de 10
B	mayores de 10 y menores de 15
C	mayores de 15 y menores de 25
D	mayores de 25 y menores de 35
E	mayores de 35 y menores de 50
F	mayores de 50

Fuente: HCM 2000

1.6.3. Niveles de Servicio en intersecciones rotatorias

Los redondeles son intersecciones con una forma generalmente circular, caracterizadas por una entrada con ceda el paso y circulación alrededor de la isla central.

El criterio respecto al nivel de servicio para automóviles en redondeles esta dado en la tabla ilustrada a continuación. Como se ve en la tabla, el nivel de servicio F está asignado al caso en donde la relación volumen/capacidad supera 1.0, sin importar la demora de control. Para determinar el nivel de servicio en la aproximación y niveles de intersección el nivel de servicio se basa solamente en la demora de control.

Tabla 1.8 Criterios para determinar el Nivel de Servicio en Intersecciones rotatorias

Demoras de tiempo por vehículo (s)	Niveles de Servicio $v/c \leq 1$	Niveles de Servicio $v/c > 1$
menores de 10	A	F
mayores de 10 y menores de 15	B	F
mayores de 15 y menores de 25	C	F
mayores de 25 y menores de 35	D	F
mayores de 35 y menores de 50	E	F
mayores de 50	F	F

Fuente: Transportation Research Board, 2010

1.6.3.1. Información requerida

La información siguiente es requerida para analizar una intersección rotatoria:

1. Número y configuración de carriles en cada aproximación.
2. Cualquiera de las siguientes:
 - Volumen de demanda para cada movimiento vehicular de entrada y movimiento de cada paso peatonal durante los 15 minuto pico.
 - Volumen de demanda para cada movimiento vehicular de entrada y movimiento de cada paso peatonal durante la hora pico, y un factor de hora pico para la hora.
3. Porcentaje de vehículos pesados

4. Volumen de distribución a lo largo de los carriles para entradas a múltiples carriles.
5. Duración del período de análisis, generalmente un período de 15 minutos pico dentro de la hora pico. Sin embargo, cualquier período de 15 minutos puede ser analizado.

1.6.3.2. Limitaciones de la metodología

Esta metodología se analiza para redondeles aislados y de un máximo de dos carriles de entrada y hasta un carril de bypass por aproximación.

1.6.3.3. Metodología

La metodología que emplea el HCM 2010 en el Capítulo 21 presenta procedimientos para el análisis de redondeles donde incluye las características únicas de capacidad del redondel, así como términos específicos que a continuación están definidos:

v_e = tasa de flujo de entrada

v_c = tasa de flujo en conflicto

v_{ex} = tasa de flujo de salida

Los modelos de análisis de intersecciones generalmente caen dentro de dos categorías. Los modelos de regresión utilizan información de campo para desarrollar relaciones derivadas estadísticamente entre características geométricas y medidas de desempeño tales como capacidad y demora. Los modelos analíticos se basan en la teoría del flujo del tráfico combinada con el uso de medidas del comportamiento de los conductores en campo, dando como resultado una formulación analítica de la relación entre esas medidas en campo y las medidas de desempeño tales como capacidad y demora.

Ambos tipos de modelos son aplicables a redondeles. Los modelos de tolerancia de espaciamiento son un ejemplo de modelos analíticos y siendo comúnmente utilizados para analizar intersecciones no señalizadas porque capturan directamente las características del comportamiento del conductor y pueden ser hechas para sitios específicos al ajustar los valores utilizados para esos parámetros.

1.6.3.4. Determinación de los factores de capacidad y niveles de servicio mediante el procedimiento recomendado por el HCM 2010

Para determinar la capacidad y los niveles de servicio del redondel y todos sus componentes, se tienen varias alternativas: primero, utilizar la metodología descrita por el HCM 2010 y segundo, el uso de herramientas informáticas que lo determinen automáticamente en función de parámetros solicitados. A continuación exponemos la primera mencionada con su procedimiento.

1.6.3.4.1. Convertir el volumen de demanda del movimiento a caudales de flujo

Para el análisis de las condiciones existentes en las cuales el período pico de 15 minutos puede ser medido en campo, los volúmenes para el período pico de 15 minutos se convierten a caudal de flujo pico de 15 minutos al multiplicar los volúmenes pico de 15 minutos por 4.

Para el análisis de condiciones proyectadas o cuando la información cada 15 minutos no está disponible, los volúmenes de demanda horarios se convierten a demanda de caudales de flujo de 15 minutos pico en vehículos por hora, como se muestra en la ecuación 64, mediante el uso de un factor de hora pico para la intersección:

$$v_i = \frac{V_i}{FHP} \quad (63)$$

Donde,

v_i = demanda de caudales de flujo para el movimiento i (*veh/hora*)

V_i = volumen de demanda para el movimiento i (*veh/hora*)

FHP = factor hora pico

1.6.3.4.2. Ajustar los caudales de flujo para vehículos pesados

El caudal de flujo para cada movimiento puede ser ajustado para contabilizar las características del flujo de vehículos al utilizar los valores de la siguiente tabla.

Tabla 1.9 Equivalencia de vehículos de pasajeros

Tipo de vehículo	Equivalente de vehículo de pasajeros, Et
Vehículo de pasajeros	1
Vehículo pesado	2

Fuente: Transportation Research Board, 2010

El cálculo para incorporar los valores previos esta dado en las siguientes ecuaciones:

$$v_{i,pce} = \frac{v_i}{PHF} \quad (64)$$

$$FHV = \frac{1}{1+PT(ET-1)} \quad (65)$$

Donde,

$v_{i,pce}$ = demanda de caudales para el flujo para el movimiento i ($pc/hora$)

v_i = demanda de caudales para el flujo para el movimiento i ($veh/hora$)

PHF = factor de ajuste para vehículos pesados

PT = proporción del volumen de demanda que consiste en vehículos pesados.

ET = equivalente de vehículos de pasajeros para vehículos pesados.

1.6.3.4.3. Determinar los caudales de flujo de circulación y de salida

Los caudales de flujo de circulación y de salida son calculados para cada rama del redondel. Aunque las siguientes secciones presentan una metodología numérica para un redondel de cuatro ramas, esta metodología se puede extender a cualquier número de ramas.

Caudal de flujo de circulación

El flujo de circulación opuesto a una determinada entrada está definido como el flujo en conflicto con el flujo de entrada. El cálculo del flujo de conflicto para el flujo que circula al norte está ilustrado en la siguiente imagen y numéricamente en la ecuación 66. Todos los flujos están en equivalentes de vehículos de pasajeros.

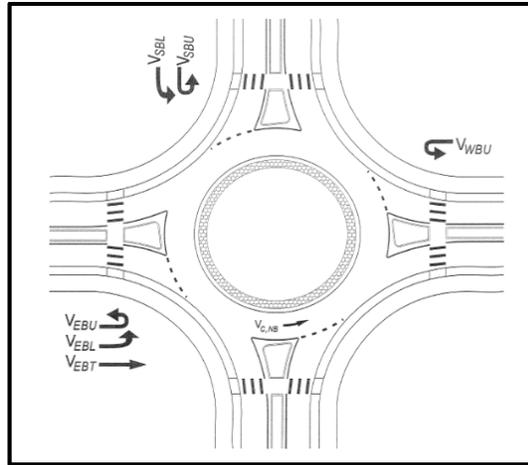


Figura 1.6 Flujo de circulación en redondeles

Fuente: Transportation Research Board, 2010

$$VC = VWBU + VEBU + VEBL + VEET + VSBL + VSBU \quad (66)$$

Caudal de flujo de salida

El caudal de flujo de salida para una rama dada es usado principalmente en el cálculo del flujo de conflicto para carriles bypass de giro a la derecha. El cálculo del flujo de salida en la dirección sur está ilustrado en la siguiente imagen y numéricamente en la ecuación que la sigue. Si un carril de bypass está presente en la corriente de entrada, el flujo que gira a la derecha es restado del flujo de salida. Todos los flujos están en equivalentes de vehículos de pasajeros.

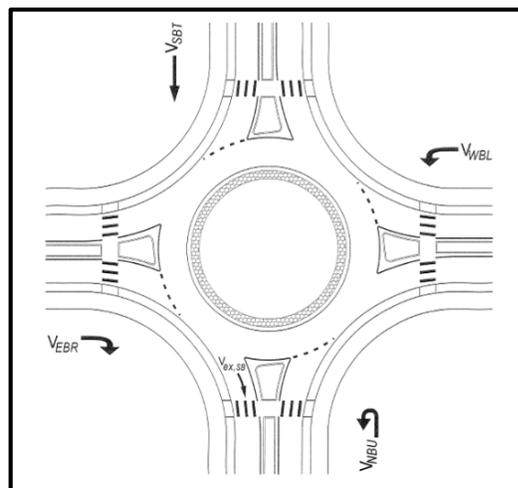


Figura 1.7 Flujo de salidas en redondeles

Fuente: Transportation Research Board, 2010

$$VC = VWBL + VSBT + VEBR + VNBU - VBERbypass \quad (67)$$

1.6.3.4.4. Determinar los caudales de flujo de entrada por carril

Para entradas de un solo carril, el caudal de flujo de entrada es la suma de todos los caudales de flujo que utilizan esa entrada. Para entradas de múltiples carriles o entradas con carriles de bypass, o ambos, el siguiente procedimiento será aplicado para asignar los flujos de cada carril:

1. Si un carril de giro a la derecha existe, el flujo que use ese carril es removido del cálculo de los flujos de entrada del redondel.
2. Si solo un carril está disponible para cualquier movimiento, el flujo para ese movimiento es asignado solamente a ese carril.
3. Los flujos remanentes se asume que están distribuidos entre todos los carriles, sujeto a los impedimentos impuestos por cualquier asignación de carril por diseño y cualquier desbalance observado o estimado entre carriles.

Cinco casos generalizados de múltiples carriles pueden ser analizados con este procedimiento. Para los casos en los cuales el movimiento pueda utilizar más de un carril, se debe en primer lugar verificar qué configuración de carriles puede existir. Esto puede diferir de la asignación de carriles basada en los patrones de movimiento de giro específicos analizados. Estas asignaciones asumidas están dadas en la tabla 1-10. Para intersecciones con un número diferente de ramas, el analista deberá ejercer un juicio razonable al asignar volúmenes a cada carril.

Tabla 1.10 Asignación de carriles para determinar flujos de entrada

Asignación del carril designado	Asignación del carril asumido
LT,TR	si $v_u + v_L > v_T + v_R$: L, TR (carril de giro izquierdo) si $v_T + v_R, e > v_L + v_Y$: LT, R (carril de giro derecho) caso contrario LT, TR
L, LTR	si $v_T + v_R, e > v_u + v_L$: L, TR (carril de giro derecho) caso contrario L,LTR
LTER, R	si $v_u + v_L + v_t > v_r, e$: LT, R (carril izquierdo recto) caso contrario LTR, R

Fuente: Transportation Research Board, 2010

En base a las asignaciones para cada carril asumidas para efectos de la entrada y del uso descritos anteriormente, los caudales de flujo pueden ser asignados a cada carril utilizando los parámetros de la tabla 1-11, %RL es el porcentaje de tráfico de entrada que utiliza el carril derecho, %LL es el porcentaje de tráfico de entrada que utiliza el carril izquierdo, y $\%LL + \%RL = 1$.

Tabla 1.11 Caudales de flujo de entrada en base a la asignación de vehículos por carril

Caso	Asignación de carriles asumida	Carril Izquierdo	Carril derecho
1	L, TR	$v_u + v_L$	$v_T + v_{Re}$
2	LT, R	$v_u + v_L + v_T$	v_{Re}
3	LT, TR	$(\%LL)v_e$	$(\%RL)v_e$
4	L, LTR	$(\%LL)v_e$	$(\%RL)v_e$
5	LTR, R	$(\%LL)v_e$	$(\%RL)v_e$

Fuente: Transportation Research Board, 2010

1.6.3.4.5. Determinar la capacidad de cada carril de entrada y carril bypass según sea apropiado en equivalencias de vehículos de pasajeros

La capacidad de cada carril de entrada y carril bypass se calcula utilizando las ecuaciones de capacidad discutidas previamente. Las ecuaciones de capacidad para carriles de entrada están resumidas en la tabla 1-12; y las ecuaciones para carriles bypass están resumidas en la tabla 1-13.

Tabla 1.12 Ecuación de capacidad según carriles en conflictos de entrada

Carriles de entradas	Carriles de conflicto	Ecuación de Capacidad
1	1	Ecuación 21-1 HCM 2010
2	1	Cada carril: Ecuación 21-2 HCM 2010
1	2	Ecuación 21-3 HCM 2010
2	2	Carril derecho: Ecuación 21-4 HCM 2010; Carril izquierdo: Ecuación 21-5 HCM 2010

Fuente: Transportation Research Board, 2010

Tabla 1.13 Ecuación de capacidad según carriles en conflictos en salida

Carriles de salida en conflicto	Ecuación de capacidad
1	Ecuación 21-6 HCM 2010
2	Ecuación 21-7 HCM 2010

Fuente: Transportation Research Board, 2010

1.6.3.4.6. Determinar el impedimento peatonal hacia los vehículos

El tráfico peatonal puede reducir la capacidad vehicular de la entrada de un redondel si los suficientes peatones están presentes y ejercen el derecho de circulación comúnmente otorgado a los peatones en la mayoría de jurisdicciones. Bajo altos flujos de conflicto vehicular, los peatones generalmente pasan por detrás de vehículos detenidos en las entradas, y por ende tienen un impacto adicional despreciable en la capacidad vehicular de la entrada. Sin embargo, bajo flujos de conflicto vehicular bajos, los peatones pueden funcionar efectivamente como vehículos conflictivos adicionales y así reducen la capacidad vehicular de la entrada. El efecto de los peatones es más pronunciado cuando su volumen es alto. Para entradas de un carril, el modelo presentado en la tabla 1-14 puede ser utilizado para aproximar este efecto.

Tabla 1.14 Factor de ajuste de capacidad por peatones en una entrada de un carril

Caso	Factor de ajuste de capacidad por peatones en una entrada de un carril
Si $V_{c,pce} > 881$	$f_{ped} = 1$
Caso contrario, Si $n_{ped} \leq 101$	$f_{ped} = 1 - 0.000137n_{ped}$ (68)
Caso contrario	$f_{ped} = \frac{1.119.5 - 0.715V_{c,pce} - 0.644n_{ped} + 0.00073V_{c,pce}n_{ped}}{1.0686 - 0.654V_{c,pce}}$ (69)

Fuente: Transportation Research Board, 2010

Para entradas de dos carriles, el modelo presentado en la tabla 1-15 puede ser utilizado para aproximar este efecto.

Tabla 1.15 Factor de ajuste de capacidad por peatones en una entrada de dos carriles

Caso	Factor de ajuste de capacidad por peatones en una entrada de dos carriles
Si $n_{ped} < 100$	$f_{ped} = \min \left[1 - \frac{n_{ped}}{100} \left(1 - \frac{1.2606 - 0.329V_{c,pce} - 0.381 \cdot 100}{1.380 - 0.5V_{c,pce}} \right), 1 \right] \quad (70)$
Caso contrario	$f_{ped} = \min \left[\left(1 - \frac{1.2606 - 0.329V_{c,pce} - 0.381 \cdot 100}{1.380 - 0.5V_{c,pce}} \right), 1 \right] \quad (71)$

Fuente: Transportation Research Board, 2010

1.6.3.4.7. Convertir los caudales de flujo y capacidades a vehículos por hora

El caudal de flujo para un carril dado se convierte nuevamente a vehículos por hora al multiplicar el caudal de flujo computado en el paso previo en equivalente de vehículos de pasajeros por el factor de vehículos pesados para el carril mostrado.

$$v_i = v_i, f_{HV}, \quad (72)$$

Donde,

v_i = demanda de caudales de flujo para el movimiento i ($veh/hora$)

v_i, PCE = demanda de caudales de flujo para el movimiento i ($pc/hora$)

f_{HV} , = factor de ajuste para vehículos pesados para el carril

De forma similar, la capacidad de un carril dado es convertida de nuevo a vehículos por hora.

$$C_i = C_{i,HV,e} f_{ped} \quad (73)$$

Donde,

c_i = capacidad del carril i ($veh/hora$)

c_i, PCE = capacidad del carril i ($pc/hora$)

f_{HV} , = factor de ajuste para vehículos pesados para el carril

f_{ped} = factor de impedimento por peatones

1.6.3.4.8. Calcular la relación volumen/capacidad de cada carril

Para un carril dado, la relación volumen/capacidad se calcula al dividir la capacidad calculada del carril para su demanda de caudal de flujo. Ambos valores incluidos están en vehículos por hora.

$$xi = \frac{vi}{ci} \quad (74)$$

Donde,

xi = relación volumen/capacidad

vi = demanda de caudales de flujo del carril i (*veh/hora*)

ci = capacidad del carril i (*veh/hora*)

1.6.3.4.9. Calcular la demora de control promedio de cada carril

La información recolectada sobre redondeles en Estados Unidos sugiere que las demoras en el control pueden ser predichas en una manera generalmente similar a la usada para intersecciones sin señalización. La ecuación 75 muestra el modelo que debe ser utilizado para estimar la demora de control promedio en cada carril de una aproximación a un redondel.

$$d = \frac{3600}{c} + 900(T) \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)x}{(450)(T)}} \right] + 5 * \min[x, 1] \quad (75)$$

Donde,

d = demora de control promedio (*s/hora*)

x = relación volumen/capacidad

c = capacidad del carril

T = período de tiempo ($T= 0.25$ hora para un análisis de 15 minutos)

La ecuación 75 es igual a la de intersecciones controladas por PARE, salvo que el término “+5” ha sido modificado. Esta modificación es necesaria para contabilizar el control de CEDA EL PASO en la entrada al redondel, la cual no requiere que los conductores se detengan del todo cuando no hay tráfico de conflicto. En relaciones volumen/capacidad más altas, la probabilidad de detenerse por completo aumenta, por tanto, el comportamiento se parece más a un control de PARE.

La demora de control promedio para un carril dado es una función de la capacidad del carril y su grado de saturación. El modo analítico utilizado para estimar la demora de control promedio asume que no existe una cola residual al inicio del período de análisis. Si el grado de saturación es mayor a 0.9, la demora de control promedio está afectada significativamente por la duración del período de análisis. En la mayoría de los casos, el período de análisis recomendado es de 15 minutos. Si la demanda excede la capacidad durante un período de 15 minutos, los resultados de la demora calculados por este procedimiento, pueden no ser precisos debido a la probable presencia de una cola al inicio de este período. Además, la demanda en conflicto para movimientos descendentes del movimiento que opera sobre la capacidad puede no ser completamente descifrado (en otras palabras, el flujo no puede pasar la entrada sobresaturada y por ende no puede entrar en conflicto con una entrada descendente). En estos casos, un enfoque iterativo que tome en cuenta este efecto y el remanente de las colas de un período al siguiente puede ser considerado.

1.6.3.4.10. Calcular el Nivel de Servicio de cada carril en cada aproximación

El nivel de servicio de cada carril de cada aproximación se determina utilizando la tabla 1-8 y los valores de demora de controles calculados o medidos.

1.6.3.4.11. Calcular la demora de control promedio y determinar el nivel de servicio de cada aproximación y del redondel como un todo

La demora de control para una aproximación se calcula al computar un promedio ponderado de la demora de cada carril en la aproximación, ponderado según el volumen en cada carril. El cálculo se muestra en la ecuación 76. Observar que el volumen en el carril bypass debe ser incluido en el cálculo de la demora para cada aproximación. El nivel de servicio para cada aproximación se determina usando la tabla 1-8 y los valores de la demora de controles calculados o medidos.

$$d_{aproximacion} = \frac{d_{LL}v_{LL} + d_{RL}v_{RL} + d_{bypass}v_{bypass}}{v_{LL} + v_{RL} + v_{bypass}} \quad (76)$$

La demora de control de la intersección como un todo es calculada de manera similar al computar una media ponderada de la demora de cada aproximación, ponderada según el volumen de cada aproximación.

$$d \text{ interseccion} = \frac{\sum divi}{\sum vi} \quad (77)$$

Donde,

d intersección = demora de control en toda la intersección ($s/hora$)

d_i = demora de control de la aproximación ($s/hora$)

v_i = demanda de flujo de la aproximación ($veh/hora$)

1.6.3.4.12. Calcular el percentil 95to de colas de cada carril

$$Q_{95} = 900(T) \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)x}{(150)(T)}} \right] \left(\frac{c}{3600}\right) \quad (78)$$

Donde,

Q_{95} = percentil 95to de colas (veh)

x = relación volumen/capacidad

c = capacidad del carril

T = período de tiempo ($T= 0.25$ hora para un análisis de 15 minutos)

La longitud de cola calculada para cada carril debe ser comparada con el espacio disponible. La cola en cada carril puede interactuar con carriles adyacentes en una o más maneras:

- Si las colas en carriles adyacentes exceden el espacio disponible, la cola en el carril de estudio puede ser más larga que lo anticipado debido a colas adicionales del carril adyacente.
- Si las colas en el carril de estudio exceden el espacio disponible para carriles adyacentes, el carril adyacente puede estar vacío debido a la cola del carril de estudio.

Si una o más de estas condiciones ocurren, un análisis de sensibilidad puede ser conducido con la metodología al variar la demanda de cada carril. El analista puede también utilizar una herramienta alternativa que es sensible a los efectos carril a carril.

1.7. SEMAFORIZACION

Como se mencionó en la sección 1.2.6. Dispositivos de control de este documento los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos, que facilitan el control de tránsito de vehículos y peatones. Sus indicadores visuales de luces de colores aceptados a nivel mundial, son el verde, amarillo y el rojo. Su función es permitir el paso, alternadamente a las corrientes de tránsito que se cruzan, asegurando el orden en el espacio disponible. (HCM, 2000)

1.7.1. Objetivos de la utilización de semáforos

Valencia Alaix en su documento Principios sobre Semáforos dice que el principal objetivo de los semáforos es el de permitir el paso, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

Los objetivos del diseño de una intersección controlada por semáforos se resumen así:

- Reducir y prevenir cierto tipo de accidentes en la intersección y en las intersecciones aledañas.
- Reducir las demoras que experimentan los peatones y vehículos al intentar cruzar la intersección, y al mismo tiempo evitar la obstrucción de las intersecciones más cercanas causado por colas largas.
- Reducir el consumo de combustible de los vehículos en la intersección.
- Reducir la emisión de contaminantes del aire de automotores y otros factores que empeoran el medio ambiente.

Si la instalación y operación de semáforos es correcta aportan diversas ventajas. En cambio sí son mal instalados serán deficientes y entorpecerán el tránsito.

Ventajas de semáforos de tiempos fijos

- Ordena la circulación del tránsito
- Reduce la frecuencia de accidentes

- Interrumpen periódicamente los volúmenes de tránsito intensos de una arteria, para conceder pasos de vehículos y peatones de vías transversales.
- Representan una economía considerable por su habilidad en el control del tránsito con respecto a la utilización de otras formas de control, como señales o policías de tránsito.

Desventajas de semáforos de tiempos fijos

- Generan demoras a los usuarios, especialmente en volúmenes de tránsito pequeños, debido a la excesiva duración de la luz roja o del tiempo total del ciclo.
- Generan gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto con señales.
- Incremento el número de accidentes del tipo alcance, por su cambio sorpresivo del color.

1.7.2. Clasificación de los Semáforos para tránsito vehicular

Las principales clases de semáforos para el control del tránsito de vehículos en zonas urbanas y rurales son las siguientes:

1.7.2.1. Semáforos totalmente accionados por el tránsito

“Estos semáforos son los que la duración de cada fase y a veces su orden depende del tránsito que usa la intersección. Esta demanda es identificada mediante detectores (neumáticos, lazos de inducción, rayos infrarrojos, etc.). Disponen de medios para ser accionados en todos los accesos de la intersección.” (Adalpe, Jalle, & Garcia, 1976)

1.7.2.2. Semáforos semiaccionados por el tránsito

Estos semáforos disponen de medios para ser accionados en uno o más accesos, son aplicables a las intersecciones de vías con alto volumen y altas velocidades, con calles secundarias de tránsito relativamente liviano. La indicación normalmente es verde en la calle principal, cambiando a la calle secundaria solamente como resultado de la acción de vehículos o peatones detectados en ella.

1.7.2.3. Semáforos de tiempos fijos

Son los que regulan el tránsito de acuerdo con uno o más programas de tiempos determinados previamente y que permanecen invariables. Las características de diseño de estos semáforos, permiten ajustarlos a las variaciones de los volúmenes de los vehículos en períodos de diseño particulares.

Los semáforos de tiempo fijo se utilizan en intersecciones donde los patrones de tránsito son relativamente estables, o en las que las variaciones de intensidad de la circulación se pueden adaptar a un programa previsto, sin ocasionar demoras o congestionamientos excesivos.

Los controles de tiempo fijo, se adaptan especialmente a intersecciones en las que se desea sincronizar el funcionamiento de los semáforos con los de otras intersecciones próximas. (Cal y Myor, & Cárdenas G., 2007)

1.7.3. Parámetros de control en las intersecciones con semáforos.

En el análisis del control de intersecciones con semáforo y en los requisitos para la distribución de sus tiempos la HCM recomienda precisar algunos términos básicos o parámetros de tiempo y así evitar posibles confusiones.

1.7.3.1. Indicación de señal

Es el encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.

1.7.3.2. Ciclo o longitud de ciclo.

La combinación de fases desde el comienzo del tiempo verde para un acceso en particular hasta el comienzo del próximo verde para el mismo acceso.

1.7.3.3. Ciclo base o respaldo

Es un aislamiento electrónico que restringe el intervalo de tiempo durante el cual dura el verde de la calle secundaria.

1.7.3.4. Fase

Combinación de movimientos que operan simultáneamente, durante uno o más intervalos. Es la selección y ordenamiento de movimientos simultáneos. Una fase puede significar un solo movimiento vehicular, un solo movimiento peatonal, o una

combinación de movimientos vehiculares y peatonales. Una fase comienza con la pérdida del derecho de paso de los movimientos que entran en conflicto con los que lo ganan. Un movimiento pierde el derecho de paso en el momento de aparecer la indicación ámbar o amarillo.

1.7.3.5. Movimiento

El sendero direccional de vehículos en movimiento en un acceso en particular.

1.7.3.6. Verde líder

Cuando la indicación de vuelta a la izquierda es antes de la indicación de verde para el flujo de frente opuesto.

1.7.3.7. Verde tardío

Cuando la indicación de vuelta a la izquierda toma lugar después del verde del flujo de frente opuesto.

1.7.3.8. Fase verde mínima para peatones

Es el tiempo mínimo que los peatones pueden cruzar una intersección.

1.7.4. Diseño de intersecciones aisladas y semaforizadas de tiempo fijo

Para el diseño de los tiempos fijos de semáforos en una intersección aislada nos basamos en el Manual Normativo Mexicano Tomo XII Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito capítulo X, asumiendo valores normativos que rigen en nuestro país.

1.7.4.1. Grupos de señales

Es un grupo de luces semafóricas que se encuentran de manera simultánea, sin producir movimientos conflictivos. A partir del flujo más alto en sentido horario.

La norma INEN en la sección de Semaforización, numeral 5.29.1 nos dice que los movimientos se agrupan en forma numérica a partir del norte en el sentido de las manecillas del reloj como se muestra en la figura 1-1.

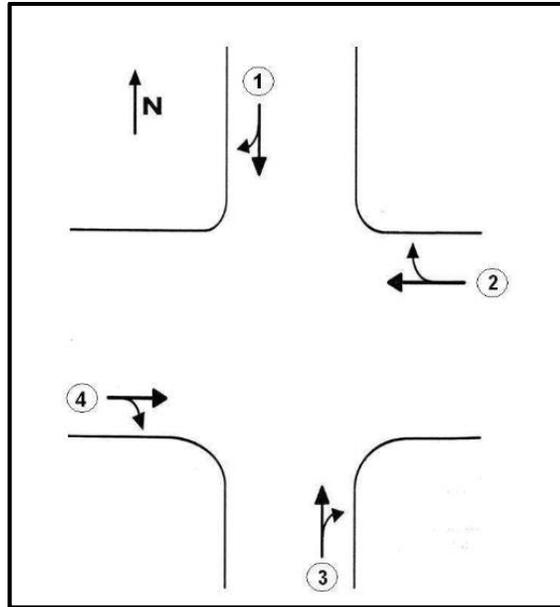


Figura 1.8 Grupo de Señales

Fuente: INEN

1.7.4.2. Identificación de fases

RILSA, menciona, que las fases semafóricas pueden contener varios grupos de señales, mientras NEMA (National Electrical Manufacturers Association) y HCM, dicen que para cada grupo de señales existe una sola fase. En este documento utilizaremos la norma NEMA.

1.7.4.2.1. Consideraciones para las fases:

El número de fases de un semáforo depende de la complejidad de la intersección. El número de fases tiene un rango que varía entre dos fases (el más simple) hasta ocho fases (el más complicado).

La eficiencia de una intersección semaforizada decrece cuando el número de fases se aumenta.

En los arreglos de las fases para un semáforo se deben tener las siguientes consideraciones:

- El volumen del movimiento a la izquierda tienen un efecto obvio en la selección de fases. Si los volúmenes de los movimientos a la izquierda son bajos, no se requiere una fase exclusiva a la izquierda (cuando se permitan las vueltas a la izquierda durante la fase verde para los movimientos de frente).

- El volumen del movimiento de frente que es opuesto a la vuelta a la izquierda también determinan la necesidad de fases exclusivas a la izquierda.
- Cuatro accidentes de vueltas a la izquierda por año justifican la implementación de una fase exclusiva a la izquierda.
- La disponibilidad de carriles exclusivos adecuados para vueltas a la izquierda juega un papel muy importante en la selección de las fases.
- Es importante considerar fases para peatones. Como una regla general, se pueden considerar fases exclusivas para peatones si estos sobrepasan los 150 veh/h en la hora punta.

1.7.4.3. Determinación de la matriz de conflicto

Elaboración de una tabla en donde los encabezados horizontales corresponden a los grupos de señales de entrada y los encabezados verticales a los grupos de señales de salida.

Se marca con una “X” la intersección de grupos de señales que tengan conflicto entre sí. La diagonal de la tabla no debe contener ninguna X ya que es imposible que un grupo de señales tenga conflicto con sí mismo.

1.7.4.4. Tiempo de sobrepaso

Para el caso de nuestro país la normativa asigna un tiempo de sobrepaso o ambar mínimo de 3 segundos.

1.7.4.5. Tiempo todo rojo

Es el tiempo durante el cual todos los movimientos de la intersección permanecen en rojo, para nuestro país se ha establecido un tiempo de 1 a 2 segundos.

1.7.4.6. Flujo de salida:

Es el flujo cuando el vehículo llega a la intersección en verde y va a cambiar a rojo en un determinado tiempo.

1.7.4.7. Flujo de entrada:

Se produce cuando el vehículo llega a la intersección y esta se encuentra en rojo, pero que en un determinado tiempo cambia a verde.

1.7.4.8. Tiempo de salida

Es el tiempo que produce la distancia de salida, se calcula con la siguiente expresión:

$$Tiempo.salida = \frac{distancia\ conflicto + L.veh}{velocidad\ de\ salida} \quad (79)$$

Donde,

L.veh = longitud de vehículo de diseño

Distancia de conflicto = distancia con riesgo a colisión

La longitud de vehículo la hemos asumido en 5m correspondiente a un vehículo liviano ya que hemos aplicado los conceptos de valores de Vehículos Livianos Equivalentes para flujos.

1.7.4.9. Tiempo de entrada

Es el tiempo que se produce la distancia de entrada.

$$Tiempo.entrada = \frac{distancia\ de\ entrada}{velocidad\ de\ entrada} \quad (80)$$

1.7.4.10. Tiempo intermedio

Es el tiempo que tiene que transcurrir entre los verdes consecutivos de fases distintas.

$$Tiempo.intermedio = T.sobrepaso + T.salida - T.entrada \quad (81)$$

1.7.4.11. Márgenes de acotación

Son las reglas de diseño, con las cuales se toman las decisiones de cálculo de la intersección, las cuales están basadas en: educación vial, experiencia, comportamiento y normas.

A continuación se mencionara las siguientes normas a seguir dentro de nuestro país:

- Tiempo de ciclo semafórico: Se deberá tomar en múltiplos de 15 segundos
- Tiempo de ciclo máximo: Tiene que ser menor o igual a 120 segundos.
- Tiempo todo rojo: 1 a 2 segundos
- Tiempo ambar: 3 segundos

1.7.4.12. Flujo de saturación:

$$qsat: \frac{3600}{V_{t.veh}} \quad (82)$$

Donde,

$V_{t.veh}$ = Factor de saturación

$$V_{t.veh} = \frac{\text{Tiempo verde (fase)}}{n.veh} \quad (83)$$

Donde,

n.veh = Cantidad de vehículos que pasan por la intersección

1.7.4.13. Tiempo de verde:

$$T_{vi} = \frac{T_{c\ sel} - \sum_{i=1}^p T_{.int}}{\sum \frac{q_{rel\ i}}{q_{sat\ i}}} * \frac{q_i}{q_{sat}} \quad (84)$$

Donde,

T_{vi} = tiempo verde de la fase i

$T_{c\ sel}$ = tiempo de ciclo seleccionado

$\sum T_{.int}$ = sumatoria de tiempos intermedios entre fases

Q_{sat} = flujo de saturación

Q_i = flujo de la fase i más relevante (máximo)

$q_{rel\ i}$ = flujo relativo de i

1.7.4.14. Tiempo de ciclo

Según investigaciones de F.V. Webster con base en algunas observaciones de campo y simulaciones en múltiples condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima para una intersección semaforizada, se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$\text{T tiempo ciclo} = \frac{(1.5 * \sum_{i=1}^p t(imrd) + 5)}{1 - \sum_{i=1}^p \frac{q_{max\ i}}{q_{sat\ i}}} \quad (85)$$

Donde,

T_{imrd} = tiempo intermedio relativos

$q_{max\ i}$ = flujo máximo de fase i

$q_{sat\ i}$ = flujo saturación fase i

p = número de fases

Los tiempos de ciclo deben estar entre 40 segundos y 120 segundos. Tiempos de ciclo fuera de estos valores son muy cortos o muy largos.

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros.

1.7.4.15. Calidad de programas de señales

$$Q_{prin} = \frac{\sum_{i=1}^p T_{vi}}{p * T_{c\ sel}} \quad (86)$$

Donde,

Q_{prin} = calidad del programa semafórico

p = número de fases

$T_{c\ sel}$ = tiempo de ciclo seleccionado

T_{vi} = tiempo de verde de cada fase

1.8. PROYECCIONES DE TRÁNSITO

De acuerdo a lo que se explica en el Manual de Estudio de Ingeniería de Tránsito Mexicano en su capítulo 12, las proyecciones de tránsito son las que suministran la condición base para el análisis, basándose en dos componentes fundamentales:

- Tránsito generado por otros desarrollos dentro del área de estudio que tengan orígenes y destino dentro del área de estudio
- Tránsito que pasa por el área de estudio, cuyos orígenes y destino no están dentro del área de estudio.

1.8.1. Metodologías para la estimación de proyecciones de tránsito

Para la estimación de proyecciones de tránsito, existen varias metodologías, a continuación se mencionaran tres:

1. Método basado en la consideración de otros desarrollos aprobados en el área de estudio. Por lo general es apropiado para áreas de crecimiento moderado y cuando el proyecto del desarrollo bajo estudio tiene horizontes futuros de diez años o menos. Es un buen método cuando hay información confiable acerca de desarrollos aprobados.

2. Método basado en el plan integral de transporte: estos planes, por lo general, tienen proyecciones de tránsito bajo diferentes alternativas. Usar los datos disponibles a través de este tipo de estudios es apropiado para desarrollos regionales grandes que se construirán a lo largo de un período de tiempo considerable, en áreas de crecimiento rápido. La confiabilidad de estimaciones obtenidas con este método, depende de la confiabilidad del estudio.
3. Método basado en tasas de crecimiento basadas en datos históricos del crecimiento del tránsito. Se deben obtener por lo mínimo 5 años de datos mostrando un crecimiento estable. Este método se aplica en proyectos pequeños que se realizaran en uno o dos años. Es una metodología simple pero no es apropiada para desarrollos con horizontes a largo plazo y existe la posibilidad de sobrestimar o subestimar la demanda futura de tránsito no relacionada con el desarrollo en cuestión.

A continuación se hacen comentarios de cada una de las metodologías.

1.8.1.1. Método basado en Impactos de Desarrollos Adicionales

Este método se aplica cuando se necesita un nivel alto de detalle en un área que se esté desarrollando rápidamente. Por lo general requiere de bastante trabajo. Se pueden hacer simplificaciones en mutuo acuerdo con la agencia que requiere el estudio. Se basa en el procedimiento siguiente:

- Estimar los impactos de mejoras al sistema de transporte que se lleven a cabo durante el período de proyección.
- Identificar el desarrollo del área de estudio dentro del período de proyección, basado solo en desarrollos aprobados. No se deben hacer hipótesis de uso de suelo de terrenos baldíos sin desarrollo inminente.
- Estimar la generación de viajes de los desarrollos inminentes.
- Estimar la distribución direccional.
- Asignar el tránsito generado a la red vial.

Para realizar estudios de impacto vial se requiere de lo siguiente:

- Estimar el crecimiento del tránsito de paso. Por lo general utilizando datos históricos.

- Sumar el tránsito generado por los desarrollos inminentes y asignados a la red vial y las proyecciones de tránsito de paso.
- Checar para ver la lógica de los resultados y ajustar si es necesario.

1.8.1.2. Método basado en el Plan Integral de Transporte

Este tipo de estudios por lo general tienen (o deberían tener) proyecciones de tránsito a un horizonte de 20 años en el futuro. Estas proyecciones pueden ser usadas para estudios de impacto vial de desarrollos grandes que tengan un impacto a nivel regional y donde las proyecciones tengan credibilidad. También pueden ser usadas en proyectos grandes que impacten corredores bastante congestionados.

Deben tomarse precauciones en estos estimados de proyecciones de tránsito, ya que son destinados para vialidades principales con el objetivo de reservar derechos de vía de vialidades futuras.

Ninguno de los métodos de proyecciones de tránsito usados en estudios integrales produce el nivel de detalle necesario para un análisis de intersecciones confiable. Si las proyecciones de la red vial de estudios integrales va a ser usada, se debe tener confianza que las proyecciones son representativas o que pueden ser ajustadas manualmente con facilidad. Se debe tener en cuenta que, aun cuando una red muy detallada sea usada en el modelo, y algún tipo de técnica de senderos múltiples para la asignación de viajes sea usada, los volúmenes de giro que se obtienen de modelos de transporte no pueden ser usados para análisis detallados.

1.8.1.3. Método basado en Tasas de Crecimiento

Este método es de muy fácil uso, pero puede ser fuente de errores. Se basa en la hipótesis que el crecimiento de los volúmenes de tránsito seguirá la misma tendencia que ha tenido en los últimos años. Estas tasas de crecimiento no deben ser usados para horizontes de más de 10 años. Para la estimación de estas tasas, se debe usar el crecimiento histórico de los volúmenes promedios diarios anuales. Este método no debería ser usado en áreas donde haya desarrollos adicionales extensos o donde se proyecten cambios al sistema de transporte que sean significativos y que puedan cambiar los patrones de viaje del área.

En función de lo establecido en el libro fundamentos de ingeniería de Tránsito Cal y Mayor y Cárdenas, el tránsito futuro se establece a partir de la siguiente expresión:

$$T_F = T_A \times (1 + i)^n \quad (87)$$

Dónde,

TF = Tránsito Futuro

TA = Tránsito Actual

i = Tasa de crecimiento anual

n = Número de años entre el año base y el año proyectado

1.9. PLATAFORMAS DE SIMULACIÓN

Debido a la complejidad y magnitud del control de tráfico urbano, se recurre a la utilización de plataformas de simulación que se basan en las estrategias de control de tráfico urbano, lo cual será de mucha importancia identificar que plataformas de simulación se están utilizando en América Latina para llevar a cabo su gestión.

Con la existencia de varias plataformas de simulación pueden ser clasificadas de acuerdo al modelo de tráfico que se utilice.

Para el documento en desarrollo utilizaremos la aplicación AIMSUN.

1.9.1. AIMSUN

Para la modelación del tránsito en la zona en estudio se utilizará el software Aimsun 8.1.0, que es un simulador de tráfico en el cual se asignarán los valores del TPDA, los porcentajes de giros, los ciclos semafóricos, las líneas de transporte público y las características geométricas de los corredores viales donde se realiza el estudio. Esta herramienta realiza todo el proceso anteriormente descrito y además presenta una representación en tres dimensiones del funcionamiento del tránsito en el área de estudio. Los desarrolladores de este software definen a Aimsun como un entorno extensible que ofrece, en una sola aplicación todas las herramientas necesarias que un profesional del transporte necesitaría.

Aimsun es una herramienta capaz de integrar en una sola aplicación de software tres tipos de modelos de transporte: un simulador microscópico, un simulador mesoscópico y una asignación estática de tráfico.

Su desarrollo ha sido posible gracias a más de 20 años de investigación, a las publicaciones científicas y a la información proveniente de los miles de proyectos realizados por sus usuarios.” (Transport Simulation Systems, 2013).

Además agregan que Aimsun ofrece muchas opciones para incluir varios escenarios en la misma red: demandas, planes de control, horarios de transporte público, acciones de gestión de tráfico, anulación de atributos de la red, etc. El sistema de revisión se utiliza cuando una modificación (como un cambio en la geometría) no se puede incluir en el mismo fichero de red. (Transport Simulation Systems, 2014).

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DEL TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO ACTULES DE LAS INTERSECCIONES EN ESTUDIO

2.1. ANALISIS OPERACIONAL DE LAS INTERSECCIONES ANALIZADAS

En el documento en desarrollo debemos identificar las fuentes generadoras de viajes hacia nuestra zona de estudio de manera microscópica, analizando las variables representativas que influyen sobre nuestros futuros cálculos de niveles de servicio y capacidad vial. Este análisis microscópico es aplicable a cálculos con fórmulas empíricas y de aproximación.

2.1.1. Análisis microscópico

Microscópicamente hablamos que la zona en estudio tiene fuertes lugares de atracción de viajes a lo largo de la Av. 24 de Mayo entre el Redondel de los Tres Puentes y el Redondel de Gapal en el sentido Este – Oeste y viceversa, entre estos centros atractores tenemos los centros educativos Universidad del Azuay, Unidad Educativa Asunción, CEIAP. El Redondel de los Tres Puentes es la intersección de mayor congestión vehicular ya que sirve de conector a distintos lugares de la ciudad. Todos estos centros atractores de viajes generan diariamente un flujo de alta demanda vehicular que circulan por la Av. 24 de Mayo que es el eje vial a nuestro tema en estudio.

Las intersecciones a ser estudiadas son:

1. Intersección 1: Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero.
2. Intersección 2: Av. 24 de Mayo y Subida a Turi.
3. Intersección 3: Vía Rápida Cuenca – Azogues y Calle Hernán Malo.
4. Intersección 4: Redondel de Gapal.
5. Intersección 5: Redondel Universidad del Azuay.
6. Intersección 6: Redondel de los Tres Puentes.

2.2. MODELO DE MICRO SIMULACION DE TRÁNSITO

2.2.1. Creación de la red

Para la creación de la red se ha tomado como referencia el trazado vial actual levantado por el área de topografía, en las figuras que se detallan a continuación se ilustra el trazo de la red vial (arcos) necesaria para la micro simulación, adicional a las características geométricas se han ingresado datos referentes a la información primaria levantada en campo (flujos vehiculares, velocidades de circulación, jerarquía de la vía, exclusividad de carriles de transporte público, rutas de transporte público y su frecuencia, ubicación de paradas de transporte público, zonas de estacionamiento permitido y restringido, condiciones particulares de gestión de tráfico, etc).

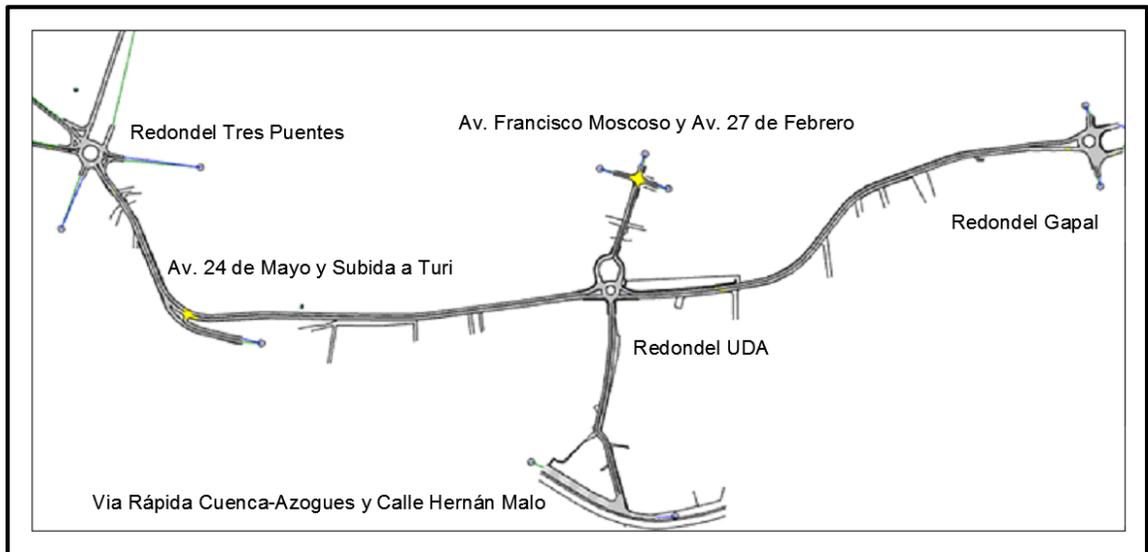


Figura 2.1 Red Vial de la Zona de Estudio

Fuente: AIMSUN

2.2.2. Determinación de la Hora de Máxima Demanda (HMD)

Una vez creada la red y alimentado el sistema con los datos de información primaria obtenida en campo realizamos la micro simulación para la Hora de Máxima Demanda (HMD), misma que fue determinada considerando los aforos vehiculares de toda la red convertidos a vehículos livianos equivalentes, usando los factores establecidos por el HCM para cada tipo de vehículo, los cuales se detallan en la Tabla 2-1 Factores de conversión a VLE (vehículo liviano equivalente), los resultados indican que la condición más crítica de operación vehicular se produce en los períodos de tiempo de 07:00 a 8:00

horas y de 12:30 a 13:30 horas. En este estudio se determinó que la hora de máxima afluencia vehicular es de **12:30 a 13:30**, razón por la cual, hemos tomado este periodo de tiempo para el desarrollo del presente trabajo.

Tabla 2.1 Factores de conversión a VLE

FACTORES DE CONVERSION VLE				
	LIVIANOS	BUS	PESADOS	2 RUEDAS
SEMAFORO	1	2.25	1.75	0.33
REDONDEL	1	2.8	2.8	0.75
VALOR URBANO	1	3	2	0.75

Fuente: HCM 2010

2.2.3. Calibración y validación estadística del modelo en AIMSUN 8.1.0

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, calibrándose los resultados con la media aritmética obtenida.

El objetivo de la validación es ser capaz de comparar los datos reales con los datos simulados en el parámetro de aforos, para ello se necesita un conjunto de datos reales que se compara con los flujos vehiculares simulados por la herramienta informática.

Esta validación se presenta de 3 formas:

a) Como un gráfico

Conjunto de datos reales (Flujos vehiculares en Hora de Máxima Demanda) en comparación con los datos simulados.

En el eje x tenemos los nombres de los detectores, localizados en cada acceso de toda la red en estudio.

En el eje y tenemos el número de vehículos que pasa por cada detector.

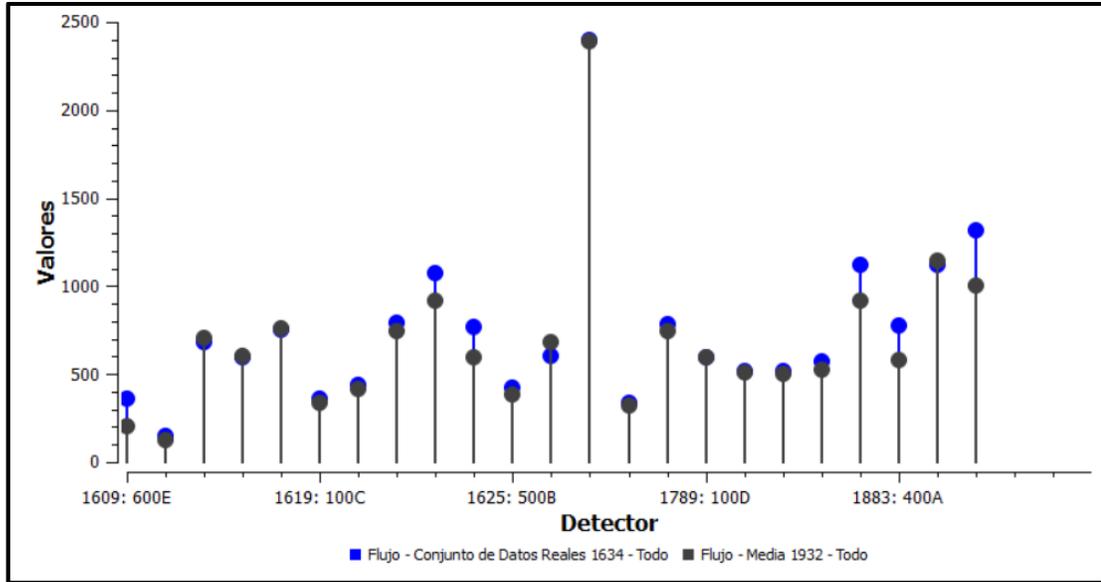


Figura 2.2 Validación de datos reales

Fuente: AIMSUN

b) Como una regresión

Se visualizan los Datos Reales (eje x) vs los Datos Simulados (eje y) mediante una regresión de tipo lineal.

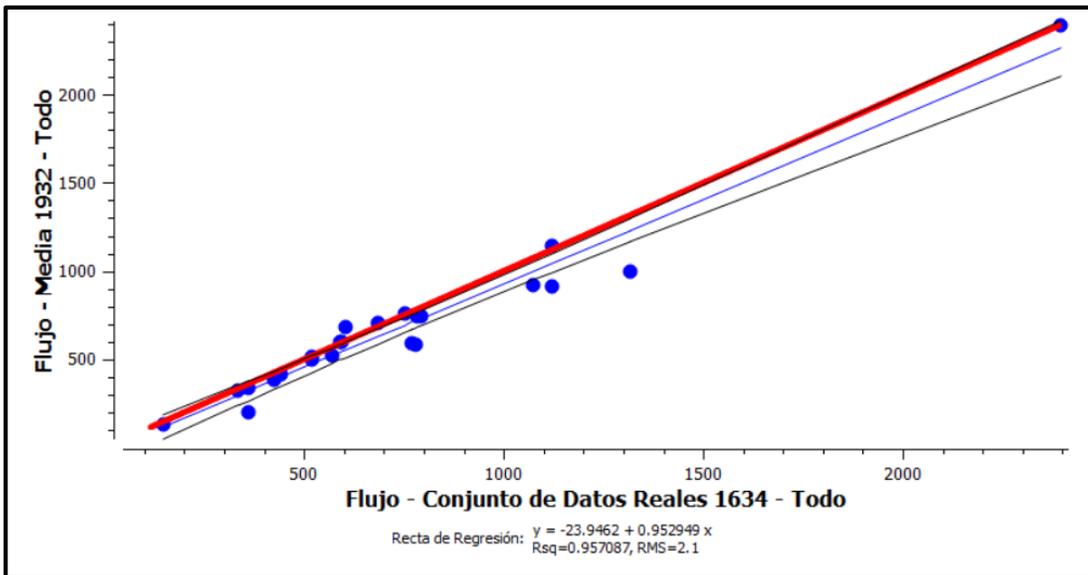


Figura 2.3 Línea de Regresión de Validación de Datos

Fuente: AIMSUN

El Rsq o R Cuadrado, mide la proporción de variación de un valor con respecto a otro, entre más cercano este el valor a 1 más cercanos están los valores comparados, en nuestro caso los valores simulados con el conjunto de valores reales.

c) Como un cuadro

Analiza el conjunto de Datos Reales vs los Datos de Simulación, mediante una tabla la herramienta informática AIMSUN 8.1.0 calcula automáticamente la diferencia absoluta y la diferencia relativa de cada par de valores para así analizar las desviaciones en cada detector de ajuste.

Adicionalmente a la información que se muestra en la validación estadística es el “GEH” (llamada así por su inventor Geoffrey E. Havers).

$$GEH = \sqrt{\frac{2(w-v)^2}{w+v}} \quad (88)$$

Donde,

w y v = flujos simulados y flujos observados respectivamente.

Este parámetro estadístico tiene la ventaja de tomar en cuenta el error relativo y de no depender de valores nulos que pueden aparecer. Generalmente se acepta que un modelo de asignación de tráfico estará satisfactoriamente calibrado si: al menos el 60% de los arcos tienen un GEH inferior a 5.0, el 95% de los arcos tienen un GEH inferior a 10.0, todos los arcos tienen un GEH inferior a 12.0. Fuente Steer Davies Gleave. Modelación de demanda para carreteras de cuota. Manual de modelación, 2006, 153 p.

En el caso del presente proyecto, el modelo microscópico generado para cada escenario propuesto ha logrado una precisión de ajuste en toda la red del 95.7%, con respecto a los datos levantados en campo, además el parámetro “GEH” es menor a 10 lo cual se considera muy satisfactorio.

Tabla 2.2 Calibración del GEH (Comparación de Datos actuales con Datos Simulados)

Objeto	Flujo - Conjunto de Datos Reales 1634 - Todo	Flujo - Media 1932 - Todo	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa (%)	GEH
1893: 600C	1316	1000.8	-315.2	-23.951	9.261
1889: 600A	1120	1144.6	24.6	2.196	0.731
1883: 400A	779	579.8	-199.2	-25.571	7.642

1882: 200C	1121	913.4	-207.6	-18.519	6.509
1881: 600D	569	524.4	-44.6	-7.838	1.907
1859: 200B	521	500.4	-20.6	-3.954	0.912
1857: 600F	521	510.6	-10.4	-1.996	0.458
1789: 100D	594	595.4	1.4	0.236	0.057
1630: 200A	782	743.6	-38.4	-4.910	1.390
1629: 300B	335	324	-11	-3.284	0.606
1628: 300A	2395	2391.8	-3.2	-0.134	0.065
1627: 500D	605	681.8	76.8	12.694	3.028
1625: 500B	426	384.6	-41.4	-9.718	2.056
1624: 500C	771	592.2	-178.8	-23.191	6.849
1623: 500A	1075	919.2	-155.8	-14.493	4.934
1621: 100A	793	744.2	-48.8	-6.154	1.760
1620: 100B	440	415.4	-24.6	-5.591	1.190
1619: 100C	360	338	-22	-6.111	1.178
1618: 400C	753	762	9	1.195	0.327
1617: 400B	592	599.8	7.8	1.318	0.320
1615: 400D	685	707.8	22.8	3.328	0.864
1613: 600B	146	129	-17	-11.644	1.450
1609: 600E	360	202.8	-157.2	-43.667	9.371
Media	741.696	682.852	-58.8435	-7.934	2.733

Fuente: AIMSUN

2.2.4. Condiciones operativas para el modelo de micro simulación

Con el propósito de generar un modelo de micro simulación capaz de replicar las condiciones operacionales actuales a continuación se detallan algunas condiciones:

- Se ha tomado en consideración las líneas de buses urbanos de la ciudad de Cuenca en el viario de las Avenidas Don Bosco, Fray Vicente Solano, 24 de Mayo, Francisco Moscoso, y Gapal, al igual que la infraestructura del transporte público. Las líneas que circulan por la zona en estudio son:
 - Línea 16: circula por la Av. 24 de Mayo desde Gapal hasta redondel UDA, en doble sentido, continuando por la Av. Francisco Moscoso de igual manera en doble sentido.

- Línea 25: circula por la Av. 24 de Mayo desde Gapal continuando por la Av. Don Bosco, en doble sentido.
 - Línea 14: circula únicamente por el redondel de Gapal.
 - Línea 22: circula por la Av. 24 de Mayo desde Gapal hasta redondel UDA, en doble sentido.
 - Línea 5: circula únicamente por el redondel de los Tres Puentes.
- Se ha considerado la programación base del sistema semafórico de ciclo y fase de duración prefijada la cual tiene la siguiente programación.

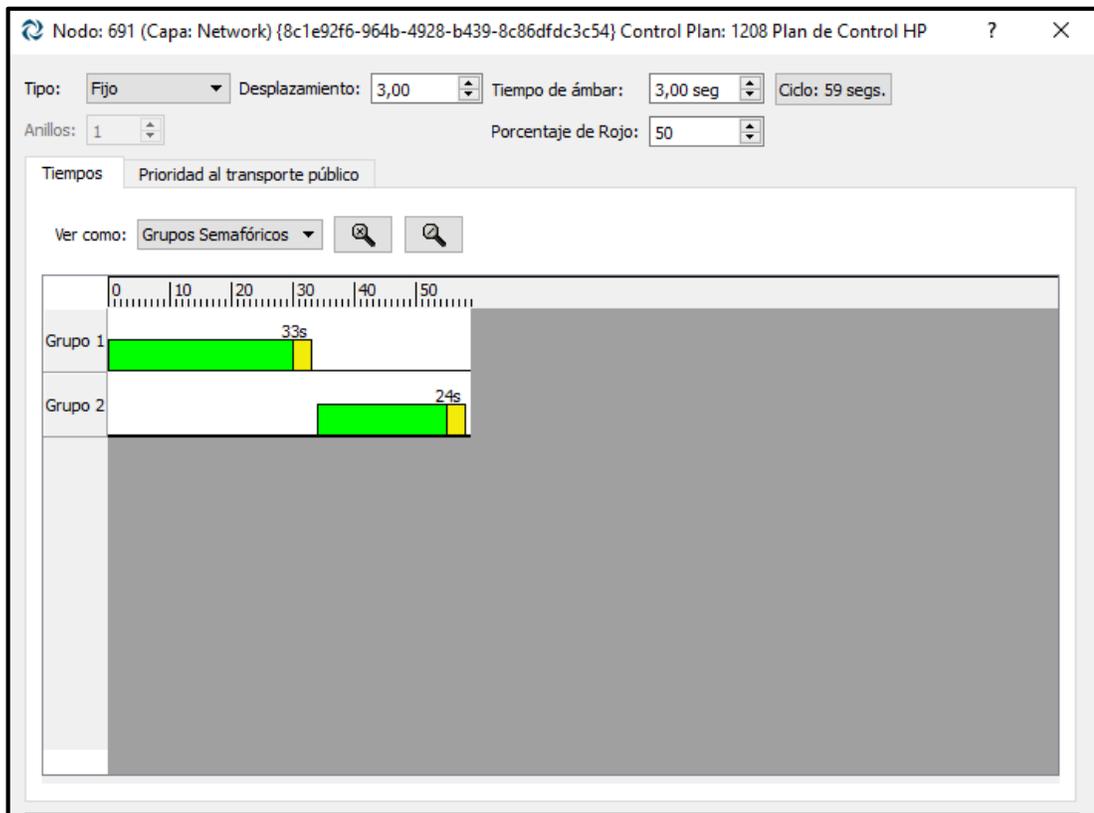


Figura 2.4 Fase Semafórica utilizada en la Intersección 1

Fuente: AIMSUN

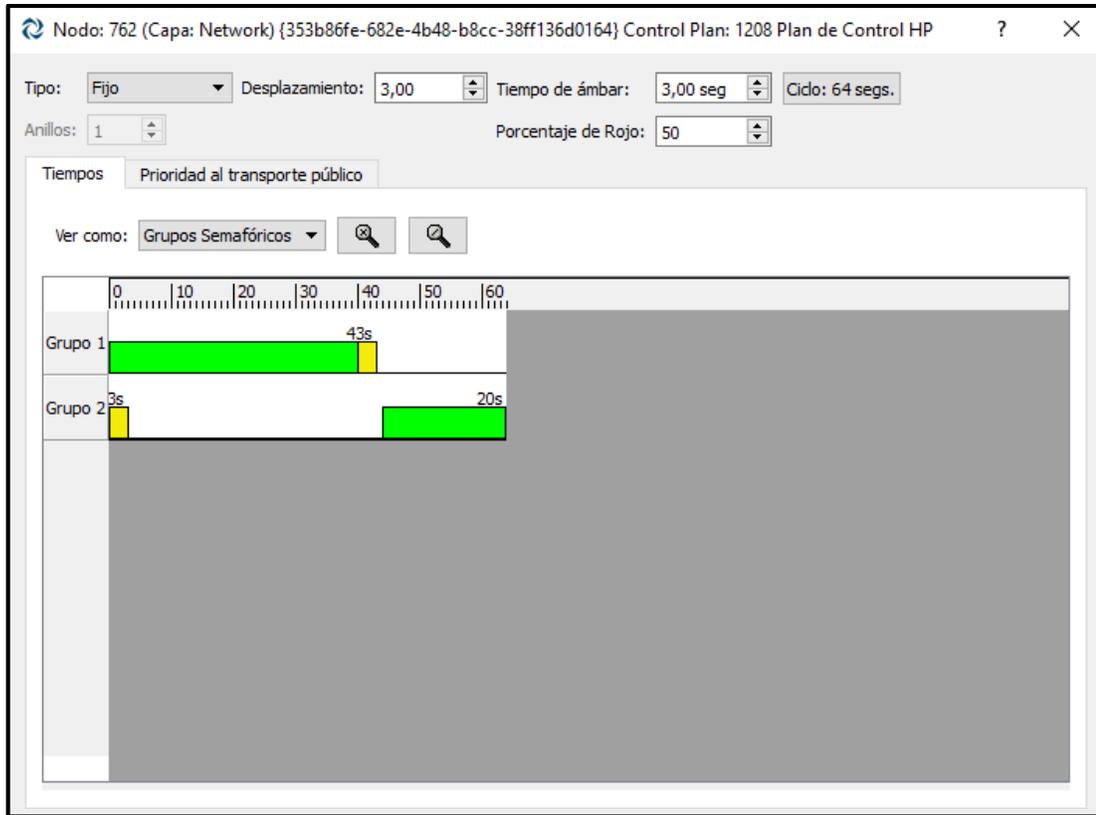


Figura 2.5 Fase Semafórica utilizada en la Intersección 2

Fuente: AIMSUN

2.2.5. Resultados de Simulación de la Red Total

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante una micro simulación usando la herramienta informática AIMSUN 8.1.0.

Tabla 2.3 Resultados de la Red Total

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	Unidades
Cola Media - Todo	155.71	6.58	veh
Cola Media - Coche	147.86	6.18	veh
Cola Media - Camión	4.68	0.57	veh
Cola Media - Bus	3.18	0.16	veh
Cola Virtual Máxima - Todo	773.8	62.31	veh
Cola Virtual Máxima - Coche	719	57.51	veh
Cola Virtual Máxima - Camión	26.8	3.9	veh
Cola Virtual Máxima - Bus	32.6	2.51	veh
Cola Virtual Media - Todo	403.07	43.09	veh

Cola Virtual Media - Coche	376.38	40.2	veh
Cola Virtual Media - Camión	12.44	2.1	veh
Cola Virtual Media - Bus	14.25	1.63	veh
Contaje de Entrada - Todo	8499	ND	veh
Contaje de Entrada - Coche	8132	ND	veh
Contaje de Entrada - Camión	311.8	ND	veh
Contaje de Entrada - Bus	55.2	ND	veh
Densidad - Todo	23.46	0.6	veh/km
Densidad - Coche	22.31	0.57	veh/km
Densidad - Camión	0.79	0.07	veh/km
Densidad - Bus	0.36	0.01	veh/km
Distancia Total de Viaje - Todo	5530.38	54.66	km
Distancia Total de Viaje - Coche	5305.44	68.07	km
Distancia Total de Viaje - Camión	187.03	17.08	km
Distancia Total de Viaje - Bus	37.91	1.55	km
Flujo - Todo	8455.6	98.14	veh/h
Flujo - Coche	8091.2	112.16	veh/h
Flujo - Camión	311.2	19.73	veh/h
Flujo - Bus	53.2	2.05	veh/h
Flujo de Entrada - Todo	8499	77.49	veh/h
Flujo de Entrada - Coche	8132	91.42	veh/h
Flujo de Entrada - Camión	311.8	19.29	veh/h
Flujo de Entrada - Bus	55.2	2.17	veh/h
Giros Perdidos - Todo	51	8.75	
Giros Perdidos - Coche	50.4	8.35	
Giros Perdidos - Camión	0.6	0.89	
Giros Perdidos - Bus	0	0	
Número de Cambios de Carril - Todo	443.94	6.65	#/km
Número de Cambios de Carril - Coche	422.28	6.92	#/km
Número de Cambios de Carril - Camión	18.66	1.85	#/km
Número de Cambios de Carril - Bus	2.99	0.19	#/km
Número de Paradas - Todo	0.35	0.01	#/veh/km
Número de Paradas - Coche	0.35	0.01	#/veh/km
Número de Paradas - Camión	0.23	0.01	#/veh/km
Número de Paradas - Bus	0.69	0.02	#/veh/km
Número Total de Cambios de Carril - Todo	5813.8	87.07	
Número Total de Cambios de Carril - Coche	5530.2	90.62	
Número Total de Cambios de Carril - Camión	244.4	24.27	
Número Total de Cambios de Carril - Bus	39.2	2.49	

Número Total de Paradas - Todo	38763.72	666.64	
Número Total de Paradas - Coche	37352.14	663.22	
Número Total de Paradas - Camión	931.85	73.09	
Número Total de Paradas - Bus	479.73	22.25	
Tiempo de Demora - Todo	207.05	5.56	seg/km
Tiempo de Demora - Coche	206.22	5.64	seg/km
Tiempo de Demora - Camión	174.84	9.12	seg/km
Tiempo de Demora - Bus	521.36	29.71	seg/km
Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todo	97.78	6.67	sec
Tiempo de Espera en Cola Virtual - Coche	96.56	6.55	sec
Tiempo de Espera en Cola Virtual - Camión	68.38	14.24	sec
Tiempo de Espera en Cola Virtual - Bus	454.93	69.91	sec
Tiempo de Parada - Todo	189.21	5.35	seg/km
Tiempo de Parada - Coche	188.3	5.41	seg/km
Tiempo de Parada - Camión	159.95	9.38	seg/km
Tiempo de Parada - Bus	499.96	32.64	seg/km
Tiempo de Viaje - Todo	273.9	5.54	seg/km
Tiempo de Viaje - Coche	271.63	5.68	seg/km
Tiempo de Viaje - Camión	237.22	9.1	seg/km
Tiempo de Viaje - Bus	834.34	30.16	seg/km
Tiempo Total de Viaje - Todo	302.62	7.31	h
Tiempo Total de Viaje - Coche	287.92	6.89	h
Tiempo Total de Viaje - Camión	10.16	0.86	h
Tiempo Total de Viaje - Bus	4.54	0.07	h
Vehículos Dentro - Todo	306.2	20.43	veh
Vehículos Dentro - Coche	291.2	18.43	veh
Vehículos Dentro - Camión	10.4	2.97	veh
Vehículos Dentro - Bus	4.6	1.52	veh
Vehículos Esperando para Entrar - Todo	773	62.78	veh
Vehículos Esperando para Entrar - Coche	715	58.96	veh
Vehículos Esperando para Entrar - Camión	25.4	4.16	veh
Vehículos Esperando para Entrar - Bus	32.6	2.51	veh
Vehículos Fuera - Todo	8455.6	98.14	veh
Vehículos Fuera - Coche	8091.2	112.16	veh
Vehículos Fuera - Camión	311.2	19.73	veh
Vehículos Fuera - Bus	53.2	2.05	veh
Vehículos Perdidos Dentro - Todo	0	0	veh
Vehículos Perdidos Dentro - Coche	0	0	veh
Vehículos Perdidos Dentro - Camión	0	0	veh
Vehículos Perdidos Dentro - Bus	0	0	veh

Vehículos Perdidos Fuera - Todo	0	0	veh
Vehículos Perdidos Fuera - Coche	0	0	veh
Vehículos Perdidos Fuera - Camión	0	0	veh
Vehículos Perdidos Fuera - Bus	0	0	veh
Velocidad - Todo	37.78	0.47	km/h
Velocidad - Coche	37.69	0.49	km/h
Velocidad - Camión	45.26	0.91	km/h
Velocidad - Bus	8.78	0.31	km/h
Velocidad Harmónica - Todo	13.14	0	km/h
Velocidad Harmónica - Coche	13.25	0	km/h
Velocidad Harmónica - Camión	15.18	0	km/h
Velocidad Harmónica - Bus	4.31	0	km/h

Fuente: AIMSUN

2.3. ANALISIS DE CIRCULACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR

Con el propósito de realizar un análisis de las condiciones operacionales vehiculares de cada intersección en el período comprendido entre las 07h00-19h00, se han tomado en cuenta los principales parámetros de ingeniería de tránsito que describen el comportamiento vehicular, es así que en la siguiente tabla se detallan con sus respectivas unidades.

Tabla 2.4 Parámetros de resultados a obtener

PARÁMETRO	UNIDAD
Demora	seg
Cola	#veh
Volumen/Capacidad	adimensional
Nivel de Servicio	cualitativo

Consideraciones a tomar en cuenta para el análisis:

- El levantamiento de información, conteo vehicular, velocidades para evaluar los volúmenes de tránsito actual de cinco intersecciones de nuestro estudio, Redondel Gapal, Redondel Universidad del Azuay, intersección Vía Rápida Cuenca – Azogues, intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero y la intersección Av. 24 de Mayo y Subida a Turi, fue tomado de la tesis “Determinación de la Matriz origen – destino multimodal de la Universidad del

Azuay-Unidad Educativa La Asunción”, mientras que para la obtención de datos del conteo vehicular de la intersección del redondel de Los Tres Puentes se realizó con la colaboración de pasantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay.

- Para la determinación de los diferentes factores de expansión las consideraciones a tomar en cuenta se detallan a continuación:

Primero, se calculó el factor de expansión para cada día de la semana en que se realizaron los conteos manuales; es decir, para lunes, martes y miércoles variando en cada uno los datos de los conteos automáticos en función del día.

Segundo, se calculó un factor mensual para el mes en que se realizó el conteo manual de cada intersección, es decir para septiembre.

Tercero, debido a no disponer de la información de conteos automáticos por un mes, el factor semanal calculado siempre es igual a 1, independientemente del día en que se relevó la información ya que, al contar solamente con los datos de los conteos automáticos de una semana consecutiva, el promedio del tráfico semanal coincide con el tráfico de la semana que contiene al día del conteo manual, dando como resultado 1.

- Con el propósito de realizar un análisis de las condiciones operacionales vehiculares de cada intersección en el período comprendido entre las 07h00-19h00, se han tomado en cuenta los principales parámetros de ingeniería de tránsito que describen el comportamiento vehicular, es así que a continuación se detallaran las intersecciones con sus respectivos análisis.

2.4. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS ANALIZADAS

Al realizar el presente estudio identificamos dos intersecciones semaforizadas que se encuentran, una en el cruce Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero y la otra ubicada en las calles Av. 24 de Mayo y Subida a Turi pertenecientes a un sistema de ciclo y fase de duración prefijada, la cual se mantiene con tiempos constantes, sin importar lo que suceda con el tráfico de las intersecciones analizadas en el estudio.

A continuación presentamos las intersecciones semaforizadas.

2.4.1. Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero

Esta intersección es semaforizada con el sistema de ciclo y fases de duración prefijada. Consta de cuatro ramales de aporte hacia la intersección, como principal tenemos en dirección Norte – Sur y Sur – Norte la Av. Francisco Moscoso, y secundaria en dirección Este – Oeste y Oeste – Este la Av. 27 de Febrero. Cabe indicar que en la Av. Francisco Moscoso encontramos un alto uso de la vía como zona de parqueo de vehículos en el sentido Norte – Sur, por lo que el momento de ingresar datos en la plataforma de simulación AIMSUN, influirá de gran manera en los resultados a obtener.

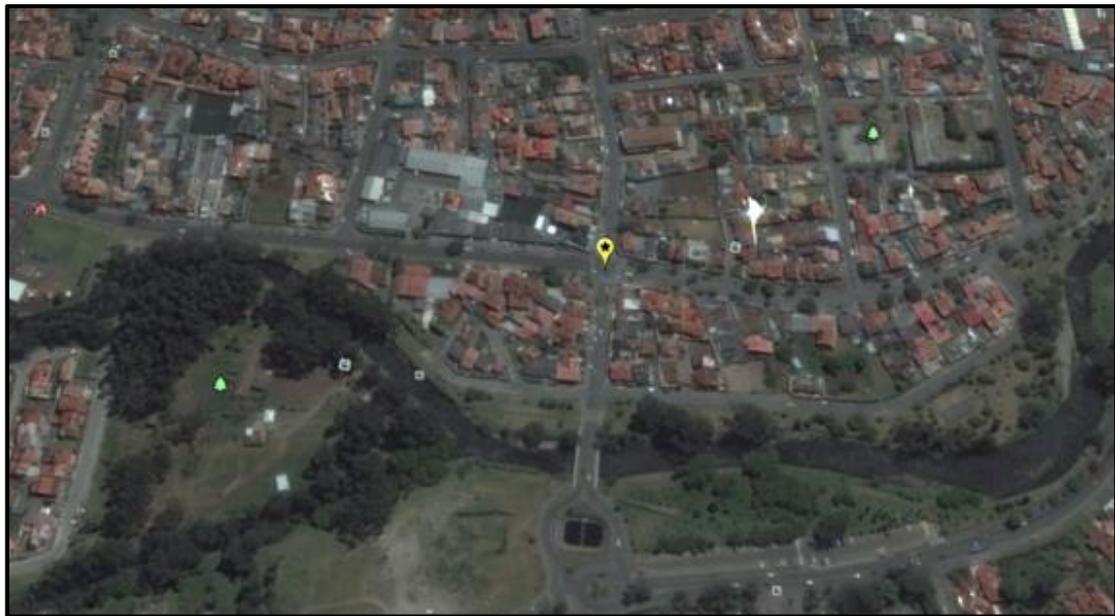


Figura 2.6 Ubicación Intersección Avenida Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero

Fuente: Google Earth

2.4.1.1. Condiciones geométricas actuales

Sobre la Av. Francisco Moscoso existe dos entradas con los sentidos Norte – Sur y Sur - Norte con sus respectivas salidas. De igual forma para la Av. 27 de Febrero existen dos entradas con los sentidos Este – Oeste y Oeste – Este con sus respectivas salidas.

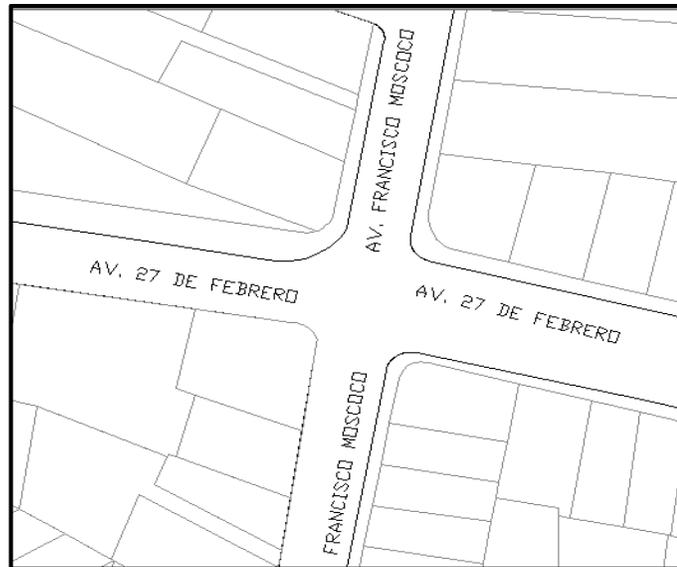


Figura 2.7 Intersección Avenida Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero



Figura 2.8 Acceso Sur Intersección 1



Figura 2.10 Acceso Este Intersección 1



Figura 2.9 Acceso Norte Intersección 1



Figura 2.11 Acceso Oeste Intersección

La intersección presenta una vía construida con pavimento rígido, sus condiciones están en buen estado y no necesitan adecuaciones inmediatas.

Tabla 2.5 Características geométricas y de fases semafóricas de la Intersección 1 sobre la Av. Francisco Moscoso

Carril vía principal	5,00 m
Carril vía secundaria	4,00 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	Si
Ancho parterre vía principal	1,75 m
Ancho parterre vía secundaria	5,25 m
Carril parqueo (N-S) vía principal	SI
Carril parqueo (S-N) vía principal	No
Fase verde	30 s
Ambar	4 s
Fase rojo	25 s

Tabla 2.6 Características geométricas y de fases semafóricas de la Intersección 1 sobre la Av. 27 de Febrero

Carril vía principal	5,00 m
Carril vía secundaria	4,00 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	Si
Ancho parterre vía principal	1,75 m
Ancho parterre vía secundaria	5,25 m
Carril parqueo (E-O) vía secundaria	No
Carril parqueo (O-E) vía secundaria	No
Fase verde	20 s
Ambar	4 s
Fase rojo	35

2.4.1.2. Interpretación de los resultados de volumen de Tránsito

2.4.1.2.1. Factor Expansión (Fe)

Este parámetro es calculado según consideraciones mencionadas en la sección 2.3., y por la ecuación 11 de este documento.

En la siguiente tabla se expone el Fe.

Tabla 2.7 Fe en intersección Av. 27 de Febrero y Av. Francisco Moscoso

Fh	1.398
Fd	0.8817
Fs	1
Fm	1.0154
Fe	1.252

2.4.1.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La intersección semaforizada tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 22696 vehículos al día, su configuración geométrica hacia el tráfico observado determina cuatro accesos directos; y con respecto a las salidas se identifica cuatro directas.

2.4.1.2.3. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. Francisco Moscoso S-N
- Acceso 2: Av. 27 de Febrero E-O
- Acceso 3: Av. Francisco Moscoso N-S
- Acceso 4: Av. 27 de Febrero O-E

El principal aporte de ingreso a la intersección es la Av. Francisco Moscoso con sentido S-N con 37%, le sigue la Av. 27 de Febrero con sentido E-O con un porcentaje del 27%, continuado por el acceso Av. 27 de Febrero E-O con el 21%, finalmente la Av. Francisco Moscoso N-S con el 14%.

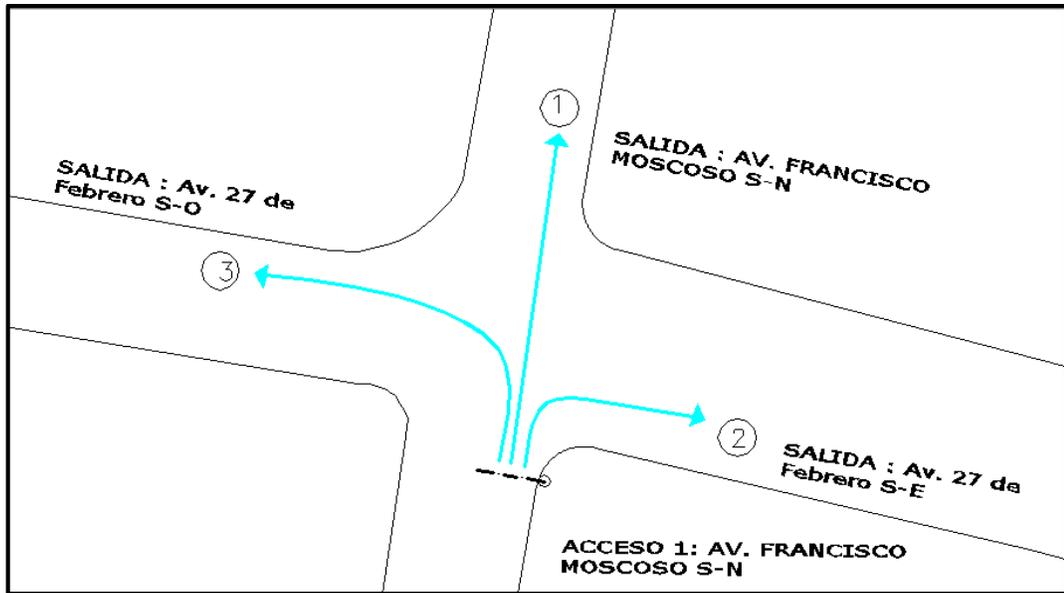


Figura 2.12 Acceso 1 en Intersección 1

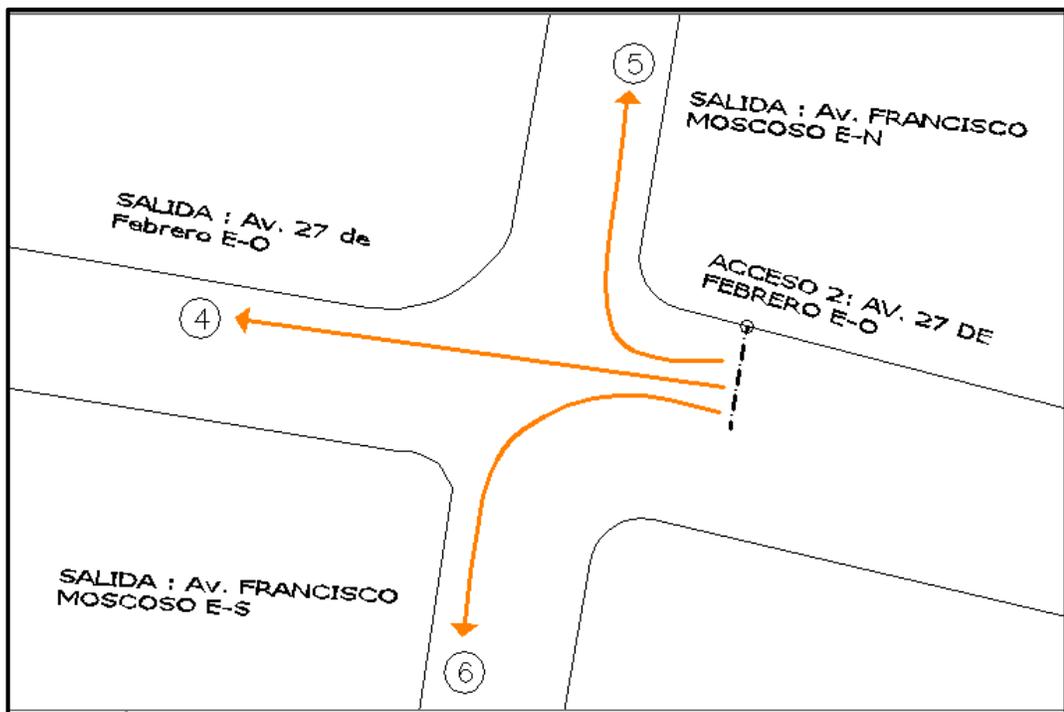


Figura 2.13 Acceso 2 en Intersección 1

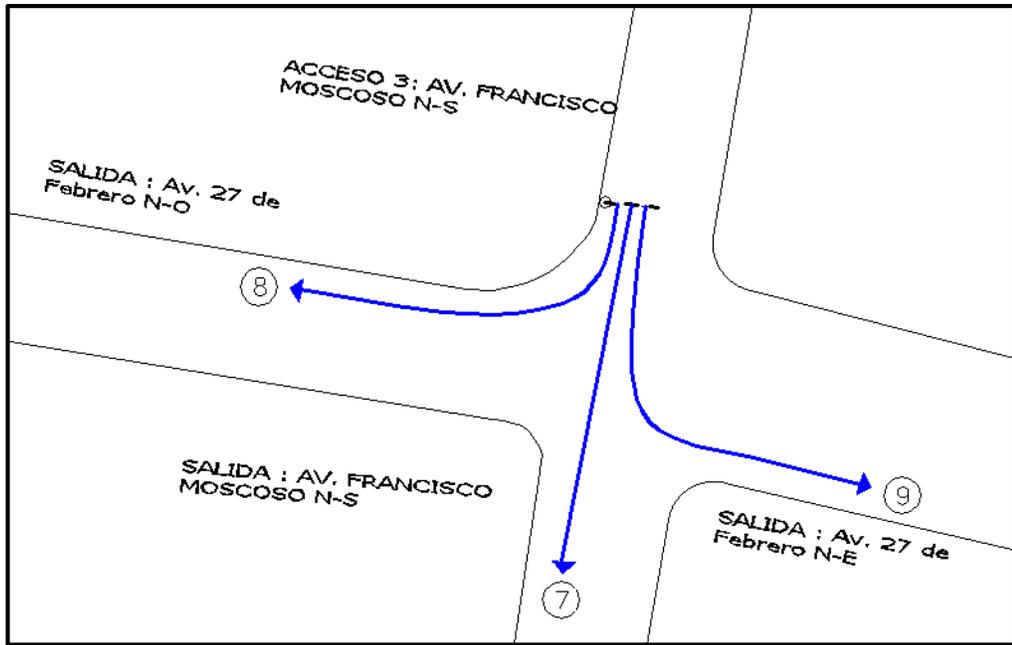


Figura 2.14 Acceso 3 en Intersección 1

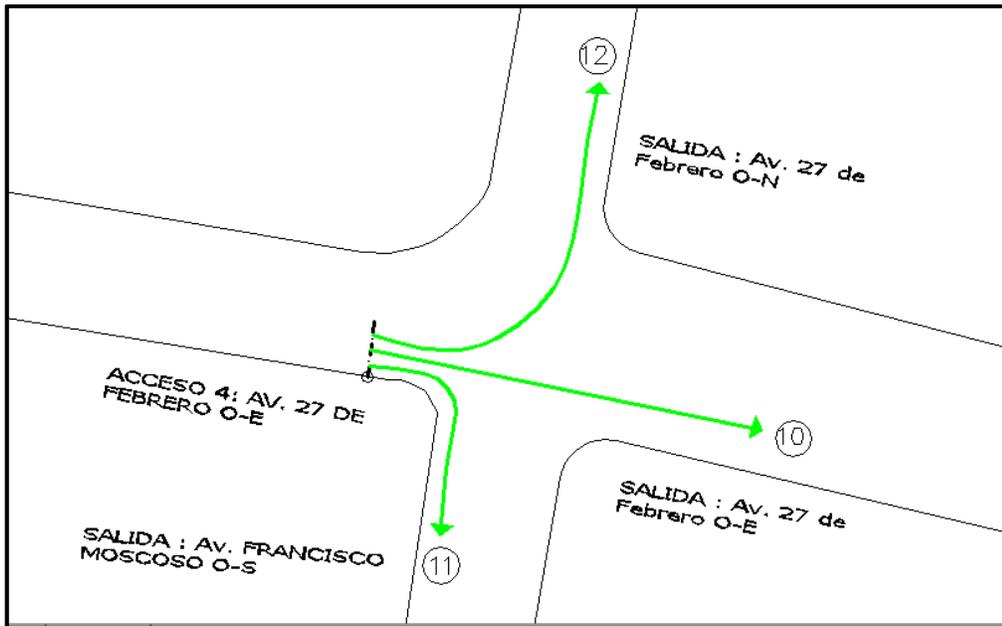


Figura 2.15 Acceso 4 en Intersección 1

Tabla 2.8 Resultados generales de accesos a la Intersección 1

Acceso 1: Av. Francisco Moscoso S-N						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h45-8h45				
	TARDE	12h30-13h30				
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Frontal	Flujo 1	6296		75%	28%
	Derecha	Flujo 2	378		4%	2%
	Izquierdo	Flujo 3	1758		21%	8%
	Total		8432		100%	37%
Acceso 2: Av. 27 de Febrero E-O						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	11h15-12h15				
	TARDE	16h45-17h45				
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Frontal	Flujo 4	3310		69%	15%
	Derecha	Flujo 5	303		6%	1%
	Izquierdo	Flujo 6	1197		25%	5%
	Total		4810		100%	21%

Acceso 3: Av. Francisco Moscoso N-S						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h00-8h00				
	TARDE	12h30-13h30				
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Frontal	Flujo 7	2794		86%	12%
	Derecha	Flujo 8	363		11%	2%
	Izquierdo	Flujo 9	84		3%	0%
	Total		3241		100%	14%
Acceso 4: Av. 27 de Febrero O-E						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h00-8h00				
	TARDE	18h00-19h00				
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Frontal	Flujo 10	3618		58%	16%
	Derecha	Flujo 11	2115		34%	9%
	Izquierdo	Flujo 12	480		8%	2%
	Total		6212		100%	27%

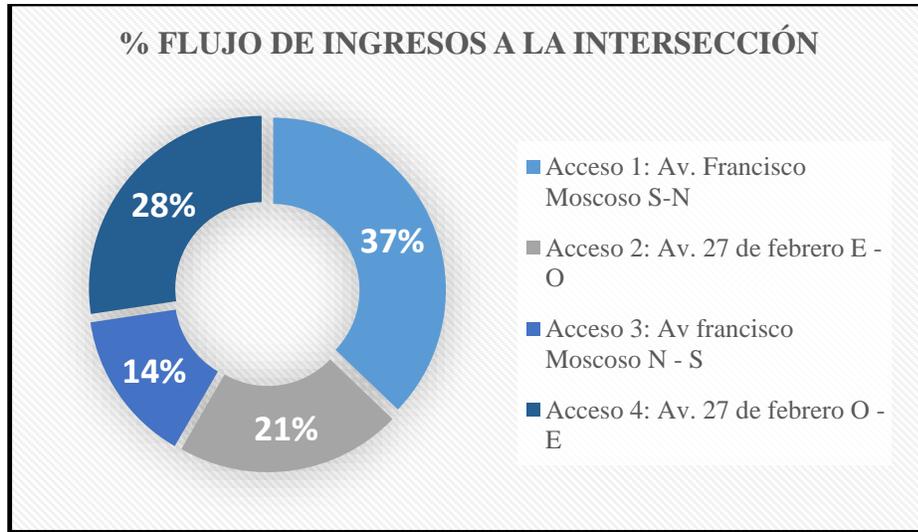


Figura 2.16 Porcentajes de flujo por acceso a la Intersección 1

2.4.1.2.4. Salidas

Las salidas identificadas son las siguientes:

- Salida 1: Av. Francisco Moscoso N-S
- Salida 2: Av. 27 de Febrero O-E
- Salida 3: Av. Francisco Moscoso S-N
- Salida 4: Av. 27 de Febrero E-O

La salida principal está sobre la Av. Francisco Moscoso S-N con 33%, por la Av. 27 de Febrero O-E tiene un 27% del total de salidas de la intersección, en la Av. Francisco Moscoso E-O hay un 17% y en la Av. 27 de Febrero E-O un 16 %. Los resultados finales del volumen de tránsito de la intersección nos indican el flujo vehicular que se debería priorizar al momento de generar soluciones en el tráfico afluente al área de influencia a la Universidad del Azuay.

Tabla 2.9 Resultados generales de salidas de la intersección

Salida 1: Av. Francisco Moscoso N-S			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 5	303	8%	1%

Flujo 7	2794	78%	12%
Flujo 12	480	13%	2%
TOTAL	3577	100%	16%
Salida 2: Av. 27 de Febrero O-E			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 3	1758	31%	8%
Flujo 8	363	6%	2%
Flujo 10	3618	63%	16%
TOTAL	5739	100%	25%
Salida 3: Av. Francisco Moscoso S-N			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 1	6296	66%	28%
Flujo 6	1197	12%	5%
Flujo 11	2115	22%	9%
TOTAL	9608	100%	33%
Salida 4: Av. 27 de Febrero E-O			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 2	378	10%	2%
Flujo 4	3310	88%	15%
Flujo 9	84	2%	0%
TOTAL	3772	100%	17%

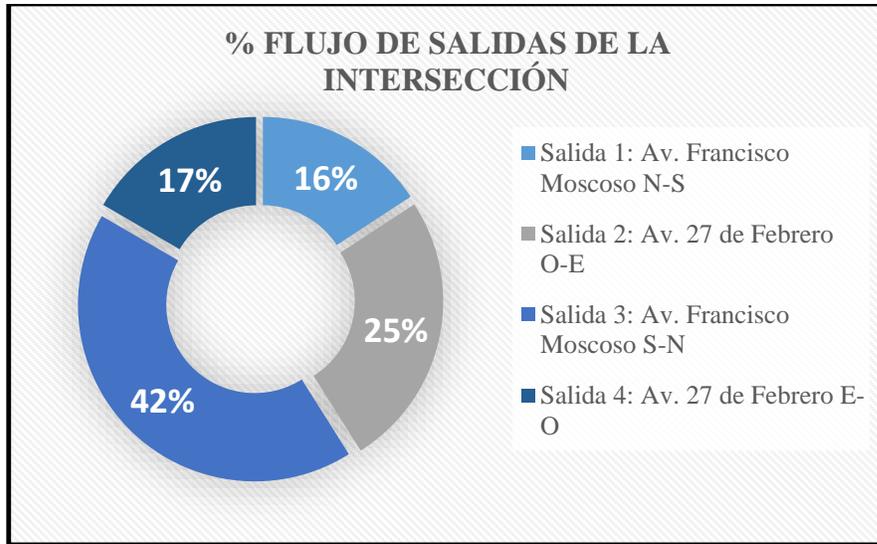


Figura 2.17 Porcentajes de flujo por salida de la Intersección 1

2.4.1.2.5. Composición del tráfico

Como es evidente, el vehículo liviano es el principal actor dentro de la composición vehicular de la intersección con el 91%, seguido por el grupo de vehículos de dos ruedas con el 4%, los buses con un 2%, finalmente los camiones livianos y medianos con un 2% y 1% respectivamente.

Tabla 2.10 Composición de tráfico de la intersección

TIPO DE VEHICULO	TOTAL TRAFICO OBSERVADO	% TOTAL TRAFICO OBSERVADO	FLUJO TOTAL	% FLUJO TOTAL
Livianos	16582	91%	20761	91%
Buses	423	2%	530	2%
Camiones Livianos	306	2%	383	2%
Camiones Medianos	91	1%	114	1%
Camiones Pesados	57	0%	71	0%
Tráiler	2	0%	3	0%
Dos Ruedas	667	4%	835	4%
TOTAL	18128	100%	22696	100%

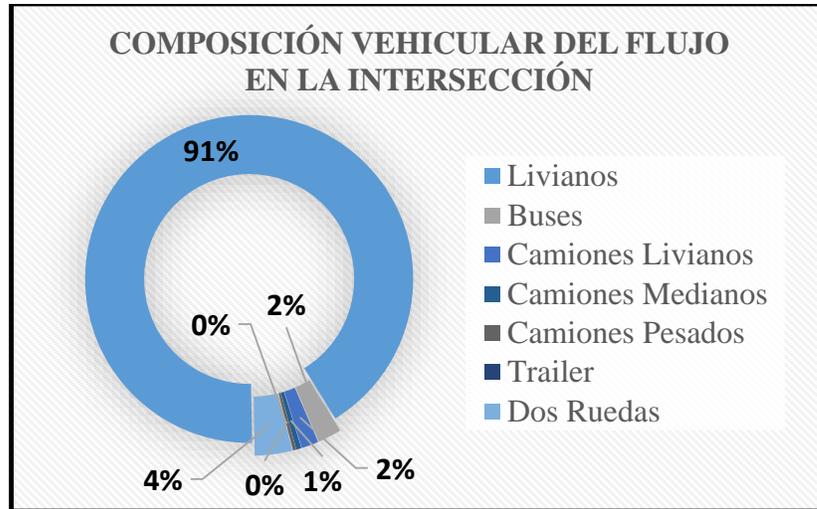


Figura 2.18 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección

2.4.1.2.6. Variación horaria del flujo en la intersección

El período de análisis del comportamiento vehicular se estableció entre las 07H00 hasta las 19H00, la variación de los volúmenes vehiculares del total de la intersección inicia con 2076 vehículos entre las 07h00 y 08h00, luego sufre una baja entre las 09h00 y 11h00, para luego ascender llegando a un pico de 2036 vehículos entre las 12h30 y 13h30, ocurriendo una baja a 1655 vehículos entre las 14h00 y 15h00, finalmente asciende a 2086 vehículos en el último período de 18h00 a 19h00.

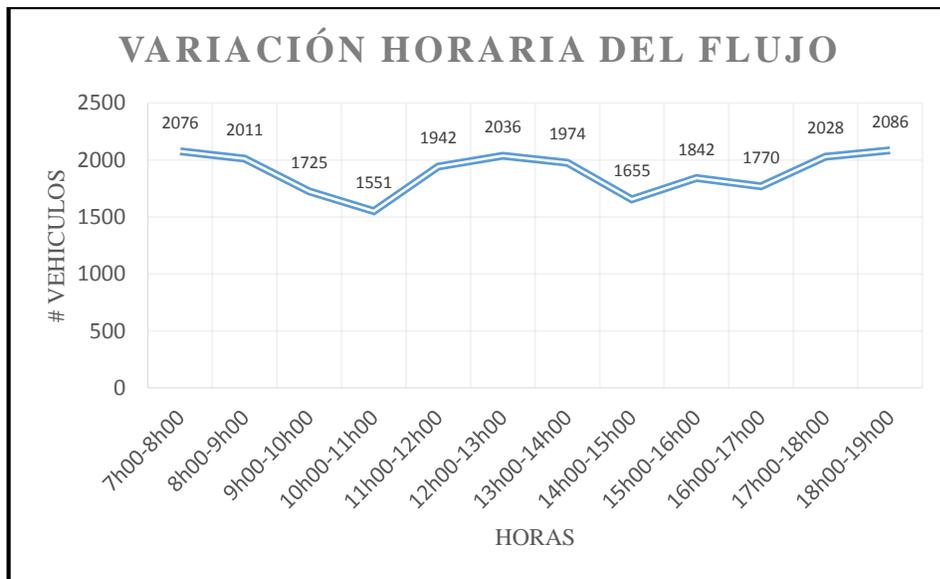


Figura 2.19 Variación horaria del flujo en la intersección

2.4.1.2.7. Micro simulación de Tránsito

Para el cálculo de los parámetros de ingeniería de tránsito obtenidos mediante una modelación microscópica de tránsito, se ha utilizado el software de planificación AIMSUN 8.1.0 versión expert, el cual se fundamenta en lo establecido por el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos HCM versión 2010.

Por las características geométricas de las vías en estudio, la demanda del tráfico motorizado en el estado actual levantada se ha determinado que de 12h30 – 13h30 es el período de la hora de máxima demanda.

Para el trazado de la red vial se ha realizado sobre el levantamiento topográfico realizado para garantizar la semejanza con la operación.

2.4.1.2.8. Variaciones en la hora de máxima demanda de los parámetros de tráfico

Tabla 2.11 Parámetros de tráfico en los accesos de la intersección 1

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. Francisco Moscoso S-N	Acceso 2: Av. 27 de Febrero E-O	Acceso 3: Av. Francisco Moscoso N-S	Acceso 4: Av. 27 de Febrero O-E
Nivel de Servicio	B	B	A	B
Demora	14.25	14.26	5.87	17.10
Cola	12	5	1	7
Volumen/Capacidad	0.83	0.46	0.19	0.66

Fuente: AIMSUN

Tabla 2.12 Parámetros de tráfico en las salidas de la intersección 1

PARÁMETRO	SALIDAS			
	Salida 1: Av. Francisco Moscoso N-S	Salida 2: Av. 27 de Febrero O-E	Salida 3: Av. Francisco Moscoso S-N	Salida 4: Av. 27 de Febrero E-O
Nivel de Servicio	A	A	A	A
Demora	0.57	0.33	0.21	0.30
Cola	0	0.20	0.20	0
Volumen/Capacidad	0.38	0.49	0.63	0.44

Fuente: AIMSUN

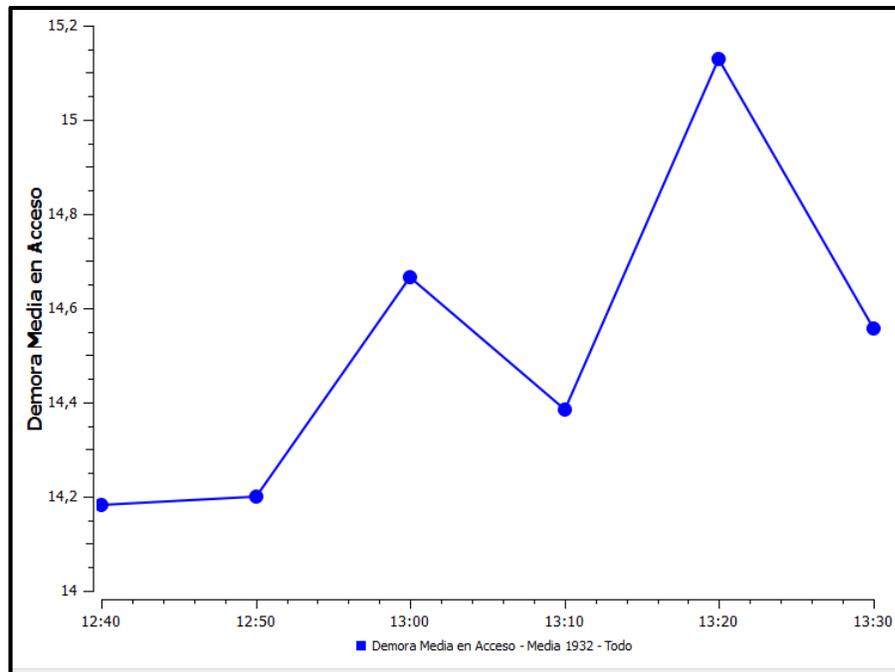


Figura 2.20 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 1 completa

Fuente: AIMSUN

2.4.2. Intersección Av. 24 de Mayo y Subida a Turi.

Esta intersección es semaforizada con el sistema de ciclo y fases de duración prefijada. Consta de tres ramales de aporte hacia la intersección, como calle principal tenemos la Av. 24 de Mayo con sentidos Este – Oeste y Oeste - Este, esta avenida posee un mayor flujo vehicular lo que permite que se considere vía principal, ya que conecta redondeles importantes en la zona como lo son redondel de los Tres Puentes y redondel Universidad del Azuay; convirtiéndose en secundaria la calle Subida a Turi con sentidos Sureste – Noroeste, Noroeste – Sureste, es una vía que tiene un flujo considerable pero que es menor a la Av. 24 de Mayo y desde su acceso podemos girar en la Av. 24 de Mayo hacia el redondel de los Tres Puentes o hacia el redondel de la Universidad del Azuay.



Figura 2.21 Ubicación Intersección Avenida 24 de Mayo y Subida a Turi

Fuente: Google Earth

2.4.2.1. Condiciones geométricas actuales

En esta intersección se presenta tres entradas con sus respectivas salidas, sobre la Av. 24 Mayo hay dos, la primera con dirección Este – Oeste y la segunda con dirección Oeste – Este. En la calle Subida a Turi existe una sola entrada que se puede dirigir hacia el Este u Oeste.

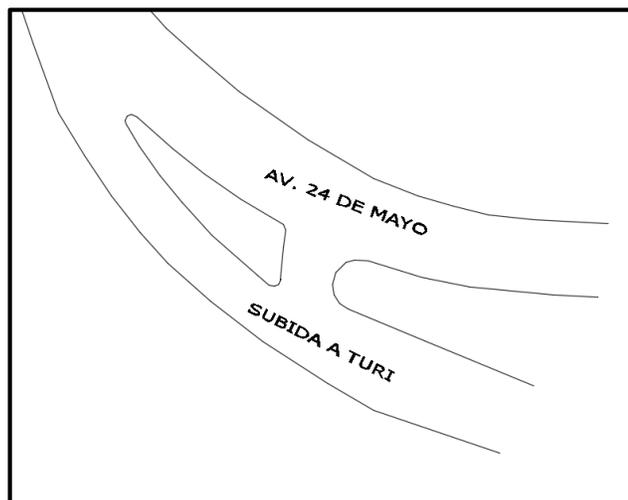


Figura 2.22 Intersección Avenida 24 de Mayo y Subida a Turi



Figura 2.23 Acceso Este intersección 2



Figura 2.24 Acceso Oeste intersección 2



**Figura 2.25 Acceso Sobre Subida a Turi
intersección 2**



Figura 2.26 Intersección 2

La intersección presenta una vía construida con pavimento flexible, sus condiciones están en excelente estado y no necesitan adecuaciones inmediatas.

Tabla 2.13 Características geométricas y de fases semafóricas de la Intersección 2 sobre la Av. 24 de Mayo

Carril vía principal	5,50 m
Carril vía secundaria	6,00 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	No
Ancho parterre vía principal	2,50 m
Ancho parterre vía secundaria	No
Carril parqueo (E-O) vía principal	No
Carril parqueo (O-E) vía principal	No
Fase verde	40 s
Ambar	3 s
Fase rojo	20 s

Tabla 2.14 Características geométricas y de fases semafóricas de la intersección 2 sobre Subida a Turi

Carril vía principal	5,50 m
Carril vía secundaria	6,00 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	No
Ancho parterre vía principal	2,50 m
Ancho parterre vía secundaria	No
Carril parqueo (SE-NO) vía secundaria	No
Carril parqueo (NO-SE) vía secundaria	No
Fase verde	10 s
Ambar	3 s
Fase rojo	45 s

2.4.2.2. Interpretación de los resultados de volumen de Tránsito

2.4.2.2.1. Factor Expansión (Fe)

Este parámetro es calculado según consideraciones mencionadas en la sección 2.3. y por la ecuación 11 de este documento.

En la siguiente tabla se expone el Fe.

Tabla 2.15 Fe en intersección Av. 24 de Mayo y Subida a Turi

Fh	1.275
Fd	1.023
Fs	1
Fm	1.015
Fe	1.324

2.4.2.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La intersección no semaforizada tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 26145 vehículos al día, su configuración geométrica hacia el tráfico observado determina tres accesos directos; y con respecto a las salidas se identifica tres directas.

2.4.2.2.3. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O
- Acceso 2: Subida a Turi
- Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E

El principal aporte de ingreso a la intersección es la Av. 24 de Mayo con sentido O-E con 47%, le sigue el acceso de la Av. 24 de Mayo con sentido E-O con un porcentaje del 28%, y finalmente Subida a Turi con un aporte del 25%.

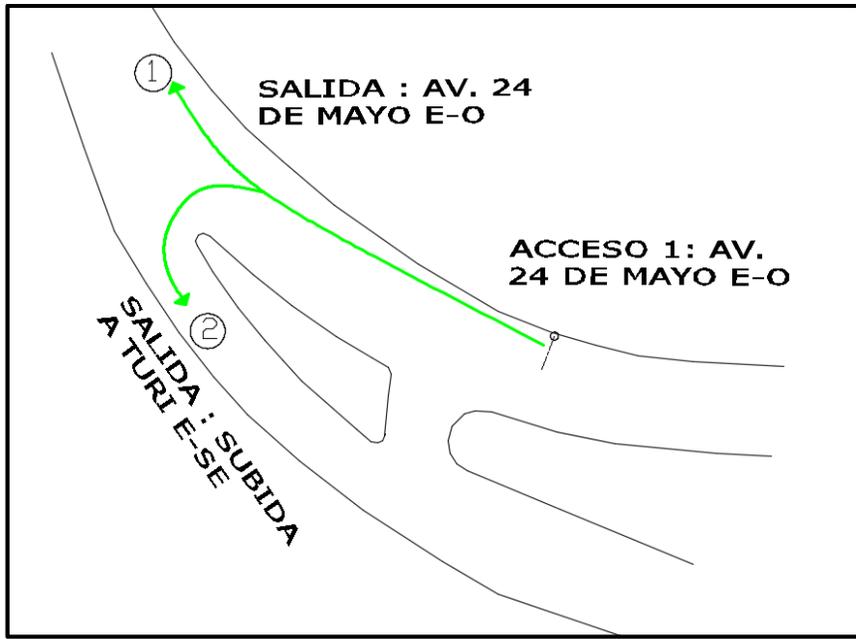


Figura 2.27 Acceso 1 en intersección 2

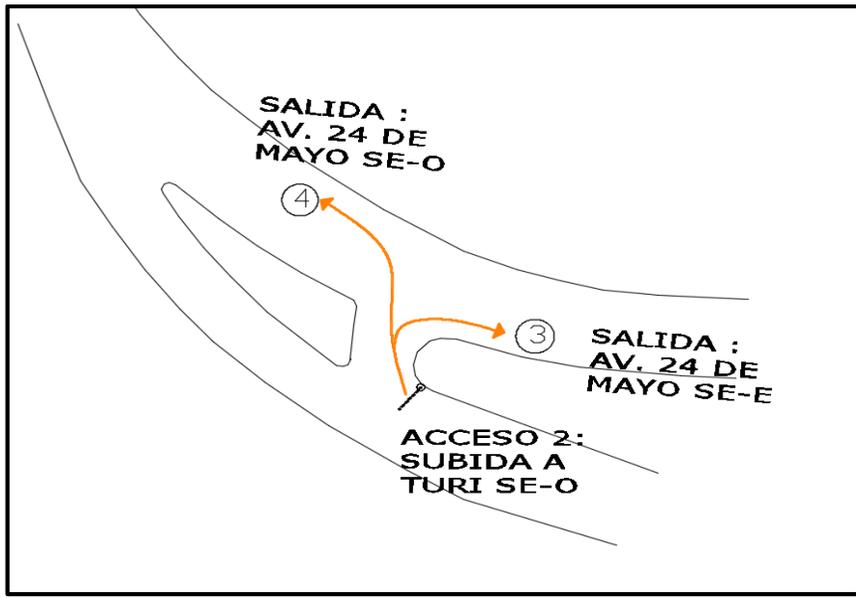


Figura 2.28 Acceso 2 intersección 2

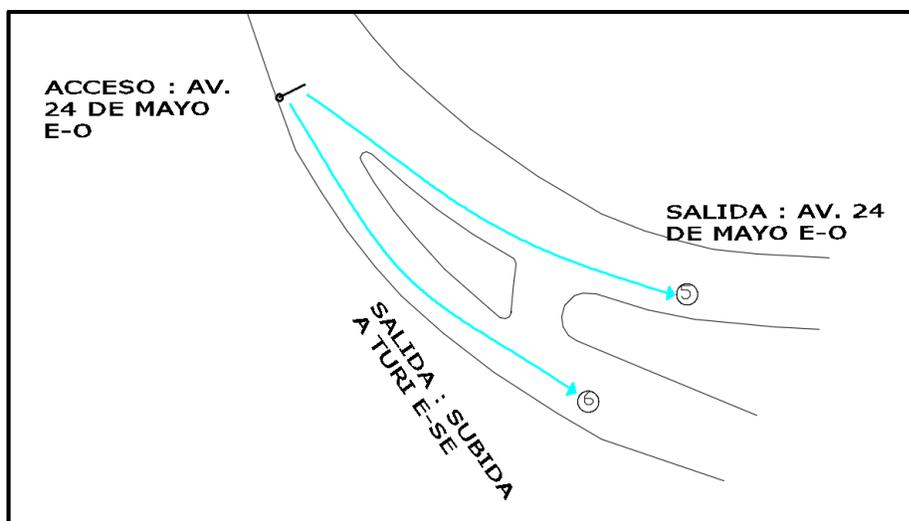


Figura 2.29 Acceso 3 en intersección 2

Tabla 2.16 Resultados generales de accesos a la intersección 2

Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O										
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)				
	MAÑANA	8h00-9h00					0.91	735	10%	3%
	TARDE	12h15-13h15					0.88	854	12%	3%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)				
	Recto	Flujo 1	7136		99%	27%				
	Izquierdo	Flujo 2	79		1%	0%				
	Total		7216		100%	28%				
Acceso 2: Subida a Turi										
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)				

	MAÑANA	9h45-10h45	0.79	588	9%	2%
	TARDE	18h00-19h00	0.9	677	10%	3%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Derecho	Flujo 3	474		7%	2%
	Izquierdo	Flujo 4	6158		93%	24%
	Total		6632		100%	25%
Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h15-8h15	0.97	1166	9%	4%
	TARDE	17h30-18h30	0.8	1254	10%	5%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Derecho	Flujo 5	4306		35%	16%
	Frontal	Flujo 6	7992		65%	31%
	Total		12297		100%	47%

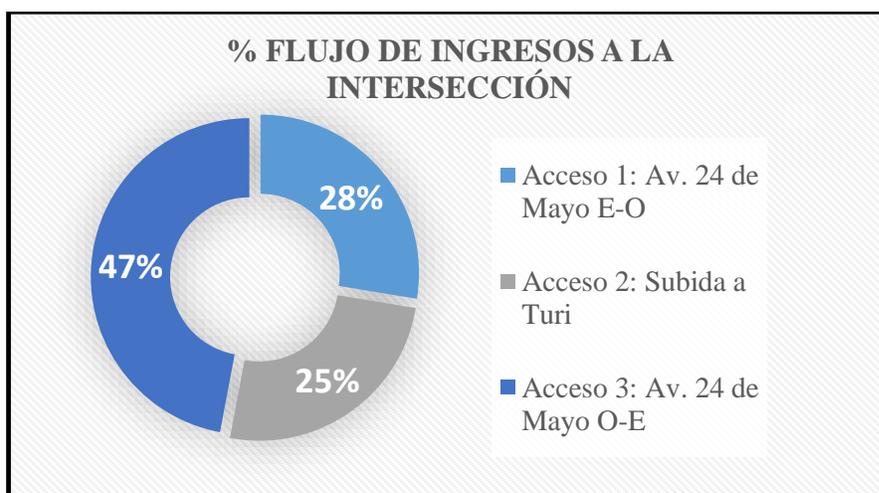


Figura 2.30 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 2

2.4.2.2.4. Salidas

Las salidas identificadas son las siguientes:

- Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E
- Salida 2: Subida a Turi
- Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O

La salida principal está sobre la Av. 24 de Mayo E-O con 51%, por la Av. 24 de Mayo O-E tiene un 32% del total de salidas de la intersección, y en la Subida a Turi hay un 17%. Los resultados finales del volumen de tránsito de la intersección nos indican el flujo vehicular que se debería priorizar al momento de generar soluciones en el tráfico afluente al área de influencia a la Universidad del Azuay.

Tabla 2.17 Resultados generales de salidas de la intersección 2

Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 3	474	6%	2%
Flujo 6	7992	94%	31%
TOTAL	8466	100%	32%
Salida 2: Subida a Turi			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 2	79	2%	0%
Flujo 5	4306	98%	16%
TOTAL	4385	100%	17%
Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O			

FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 1	7136	54%	27%
Flujo 4	6158	46%	24%
TOTAL	13294	100%	51%

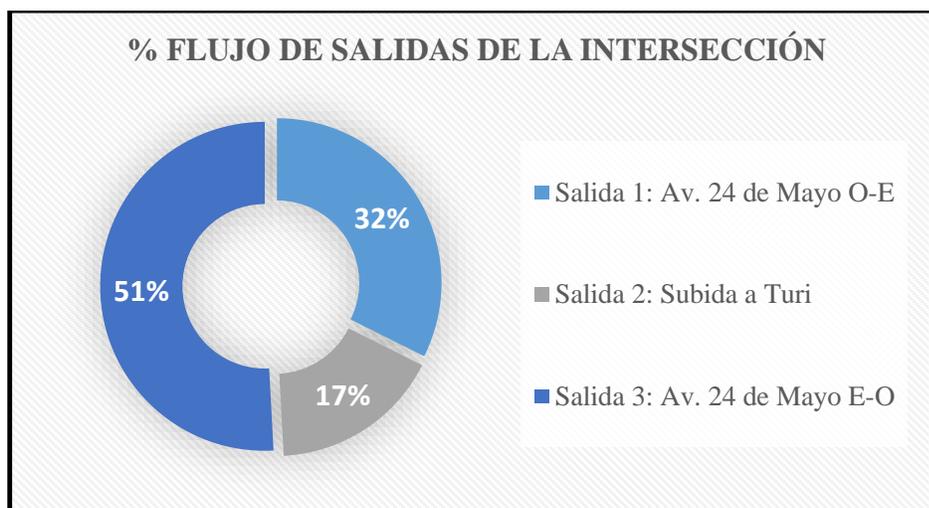


Figura 2.31 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 2

2.4.2.2.5. Composición del tráfico

Como es evidente, el vehículo liviano es el principal actor dentro de la composición vehicular de la intersección con el 91%, seguido por el grupo de vehículos de dos ruedas con el 3%, los buses con un 3%, finalmente los camiones livianos, medianos y pesados con un 2%, 1% y 1% respectivamente.

Tabla 2.18 Composición de tráfico de la intersección 2

TIPO DE VEHICULO	TOTAL TRAFICO OBSERVADO	% TOTAL TRAFICO OBSERVADO	FLUJO TOTAL	% FLUJO TOTAL
Livianos	18061	91%	23913	91%
Buses	506	3%	670	3%

Camiones Livianos	356	2%	471	2%
Camiones Medianos	208	1%	275	1%
Camiones Pesados	106	1%	140	1%
Tráiler	8	0%	11	0%
Dos Ruedas	502	3%	665	3%
TOTAL	18128	100%	22696	100%

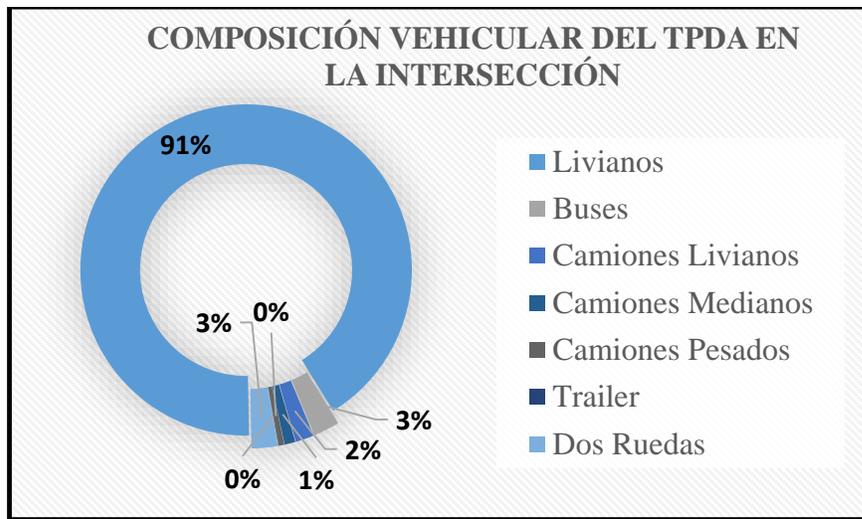


Figura 2.32 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección 2

2.4.2.2.6. Variación horaria del flujo en la intersección

El período de análisis del comportamiento vehicular se estableció entre las 07H00 hasta las 19H00, la variación de los volúmenes vehiculares del total de la intersección inicia con 2219 vehículos entre las 07h00 y 08h00, luego sufre una baja entre las 10h00 y 12h00, para luego ascender llegando a un pico de 2347 vehículos entre las 12h30 y 13h00, ocurriendo una baja a 2050 vehículos entre las 14h00 y 15h00, asciende a 2391 vehículos entre las 17h00 y 18h00 y finalmente desciende en el último período de 18h00 a 19h00 a 2371.

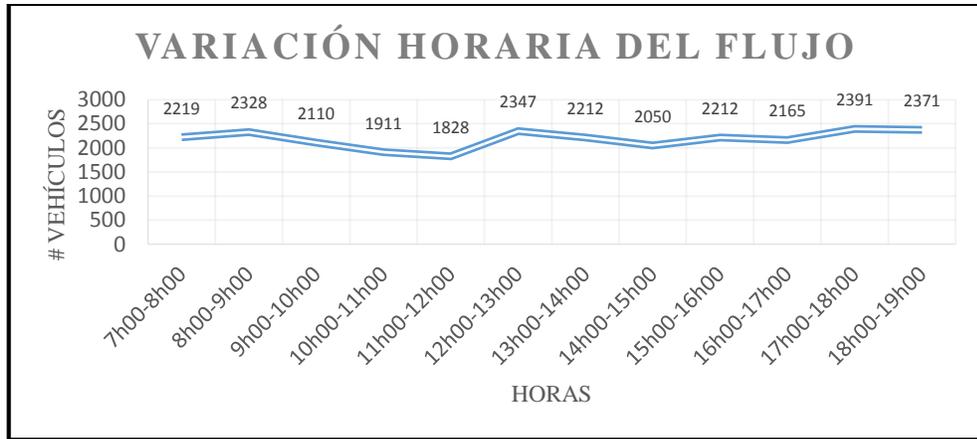


Figura 2.33 Variación horaria del flujo en la intersección 2

2.4.2.2.7. Micro simulación de Tránsito

Para el cálculo de los parámetros de ingeniería de tránsito obtenidos mediante una modelación microscópica de tránsito, se ha utilizado el software de planificación AIMSUN 8.1.3 versión expert, el cual se fundamenta en lo establecido por el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos HCM versión 2010.

Por las características geométricas de las vías en estudio, la demanda del tráfico motorizado en el estado actual levantada se ha determinado que de 12h30 – 13h30 es el período de la hora de máxima demanda.

Para el trazado de la red vial se ha realizado sobre el levantamiento topográfico realizado para garantizar la semejanza con la operación.

2.4.2.2.8. Variaciones en la hora de máxima demanda de los parámetros de tráfico

Tabla 2.19 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 2

PARÁMETRO	ACCESOS		
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Subida a Turi	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E
Nivel de Servicio	A	A	A
Demora	6.11	3.33	1.28
Cola	4.80	2	0.20
Volumen/Capacidad	0.41	0.28	0.51

Fuente: AIMSUN

Tabla 2.20 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 2

PARÁMETRO	SALIDAS		
	Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E	Salida 2: Subida a Turi	Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O
Nivel de Servicio	A	A	B
Demora	2.68	0.14	4.86
Cola	0	0	7
Volumen/Capacidad	0.66	0.46	0.64

Fuente: AIMSUN

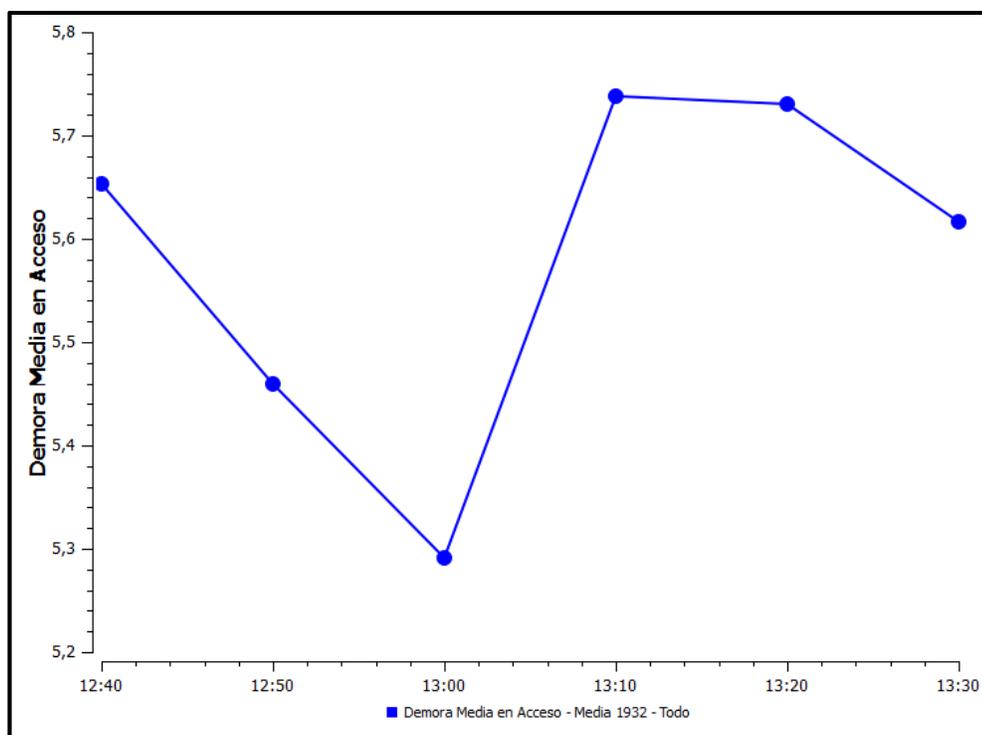


Figura 2.34 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 2 completa

Fuente: AIMSUN

2.5. INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS

En este tipo de intersecciones existen solamente señalización vertical y horizontal de acuerdo a las normas de tránsito establecidas en el país, las vías principales tienen la prioridad, lo que le permite tener un flujo continuo, en cambio para las vías secundarias

se mantendrá un flujo interrumpido ocasionando demoras para poder circular por la intersección.

Para el estudio realizado se analizara una intersección no semaforizada

2.5.1. Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.

Esta es la única intersección existente de este tipo en nuestro estudio. La vía rápida Cuenca – Azogues es considerada como principal en el sentido Este – Oeste, ya que esta vía sirve como paso lateral de la ciudad de Cuenca y su flujo vehicular es muy elevado por lo que la calle Hernán Malo se convierte en secundaria, a pesar de tener un flujo moderado en días laborables.



Figura 2.35 Ubicación Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo

Fuente: Google Earth

2.5.1.1. Condiciones geométricas actuales

Esta intersección cuenta con dos entradas, la primera esta sobre la Vía Rápida Cuenca – Azogues en la dirección Este – Oeste con dos salidas hacia el Este y hacia la Calle Hernán Malo, y la segunda está en la Calle Hernán Malo con una sola salida hacia la Vía Rápida Cuenca – Azogues con dirección al Este.

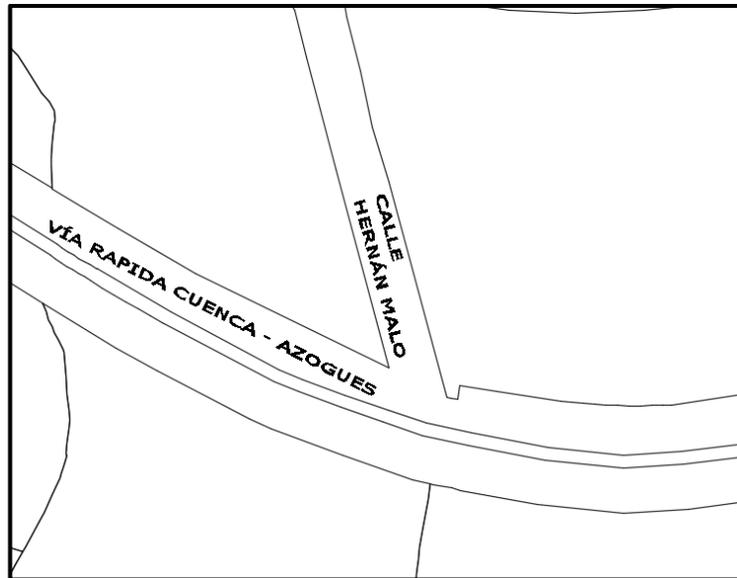


Figura 2.36 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo



Figura 2.37 Acceso Este intersección 3



Figura 2.38 Acceso Norte intersección

La intersección presenta una vía construida con pavimento flexible, sus condiciones están en excelente estado y no necesitan adecuaciones inmediatas.

Tabla 2.21 Características geométricas de la intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.

Carril vía principal	4,50 m
Carril vía secundaria	6,50 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	Si
Ancho parterre vía principal	3,50 m
Ancho parterre vía secundaria	2,00 m
Carril parqueo (E-O) vía principal	No
Carril parqueo (O-E) vía principal	No
Carril parqueo (N-S) vía secundaria	No
Carril parqueo (S-N) vía secundaria	Si

2.5.1.2. Interpretación de los resultados de volumen de Tránsito**2.5.1.2.1. Factor Expansión (Fe)**

Este parámetro es calculado según consideraciones mencionadas en la sección 2.3. y por la ecuación 11 de este documento.

En la siguiente tabla se expone el Fe.

Tabla 2.22 Fe en intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.

Fh	1.289
Fd	0.9897
Fs	1
Fm	1.015
Fe	1.296

2.5.1.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La intersección no semaforizada tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 28055 vehículos al día, su configuración geométrica hacia el tráfico observado determina dos accesos directos; y con respecto a las salidas se identifica dos directas.

2.5.1.2.3. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Vía Rápida Cuenca – Azogues Este - Oeste
- Acceso 2: Calle Hernán Malo

El principal aporte de ingreso a la intersección es la Vía Rápida Cuenca – Azogues en el sentido E-O con el 92%, le sigue el acceso Calle Hernán Malo con un porcentaje del 8%.

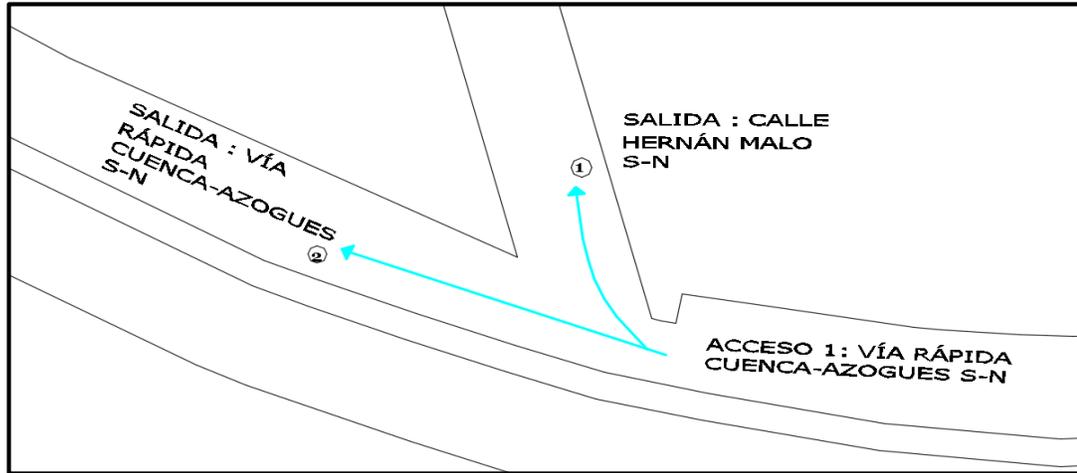


Figura 2.39 Acceso 1 en intersección 3

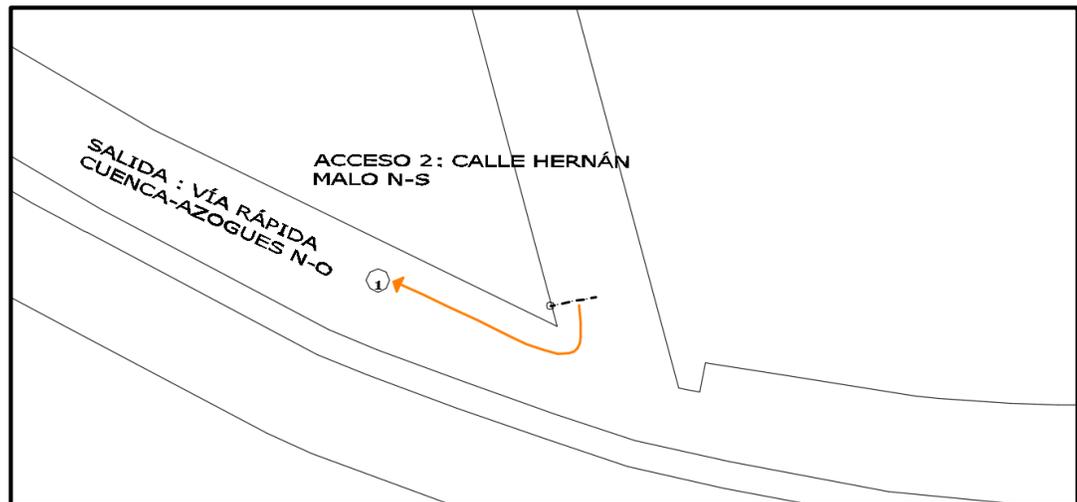


Figura 2.40 Acceso 2 en intersección 3

Tabla 2.23 Resultados generales de accesos a la intersección 3

Acceso 1: Vía Rápida Cuenca - Azogues						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h00-8h00				
	TARDE	17h45-18h45	0.9	2955	11%	11%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Frontal	Flujo 1	22330		86%	80%
	Derecho	Flujo 2	3560		14%	13%
	Total		25890		100%	92%
Acceso 2: Calle Hernán Malo						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	11h45-12h45				
	TARDE	12h45-13h45	0.89	345	16%	1%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Derecho	Flujo 3	2164		100%	8%
	Total		2164		100%	8%

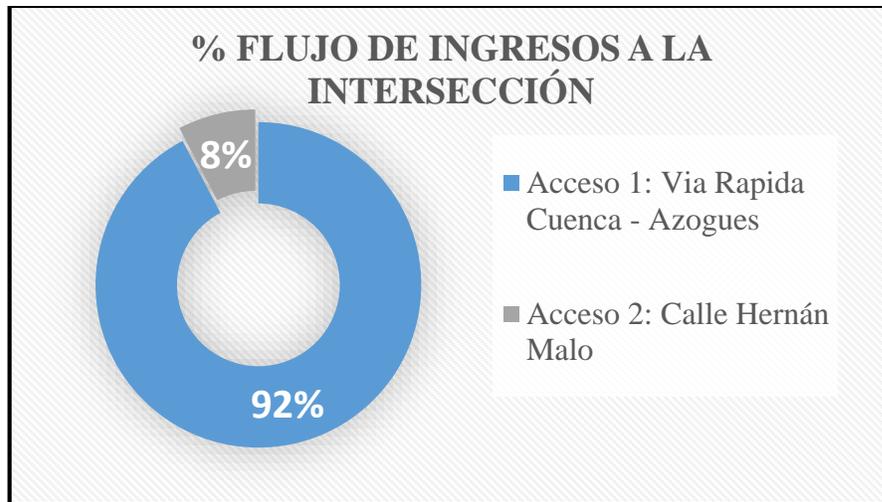


Figura 2.41 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 3

2.5.1.2.4. Salidas

Las salidas identificadas son las siguientes:

- Salida 1: Vía Rápida Cuenca – Azogues E-O
- Salida 2: Calle Hernán Malo

La salida principal está sobre la Vía Rápida Cuenca – Azogues E-O con un porcentaje del 87%, por la Calle Hernán Malo se tiene la segunda salida con un porcentaje del 13%. Los resultados finales del volumen de Tránsito de la intersección nos indican el flujo vehicular que se debería priorizar al momento de generar soluciones en el tráfico afluente al área de influencia a la Universidad del Azuay.

Tabla 2.24 Resultados generales de salidas de la intersección 3

Salida 1: Vía Rápida Cuenca - Azogues			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 1	22330	91%	80%
Flujo 3	2164	9%	8%
TOTAL	24494	91%	87%
Salida 2: Calle Hernán Malo			

FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 2	3560	100%	13%
TOTAL	3560	100%	13%

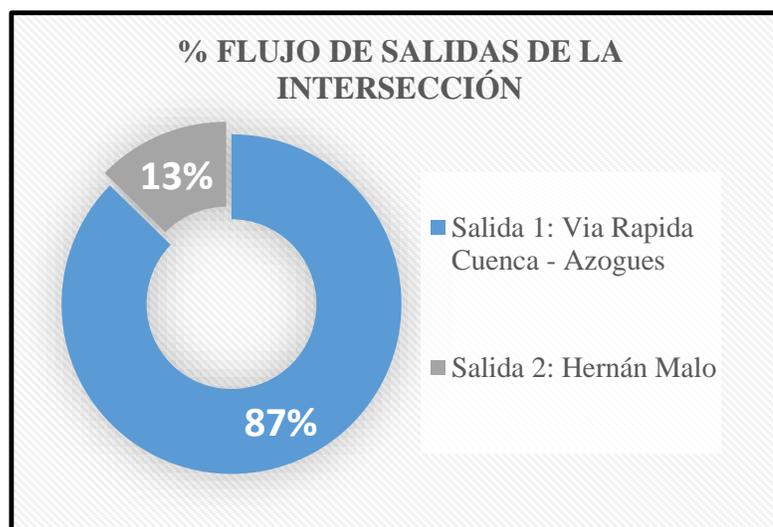


Figura 2.42 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 3

2.5.1.2.5. Composición del tráfico

Como es evidente, el vehículo liviano es el principal actor dentro de la composición vehicular de la intersección con el 90%, seguido por el grupo de camiones pesados con el 3%, los buses con un 2%, los camiones livianos y medianos con un 2% y finalmente el tipos de vehículos tráiler y dos ruedas con el 1%.

Tabla 2.25 Composición de tráfico de la intersección

TIPO DE VEHICULO	TOTAL TRAFICO OBSERVADO	% TOTAL TRAFICO OBSERVADO	FLUJO TOTAL	% FLUJO TOTAL
Livianos	19447	90%	25203	90%
Buses	477	2%	618	2%

Camiones Livianos	384	2%	498	2%
Camiones Medianos	374	2%	485	2%
Camiones Pesados	551	3%	714	3%
Tráiler	118	1%	153	1%
Dos Ruedas	296	1%	384	1%
TOTAL	21647	100%	28055	100%

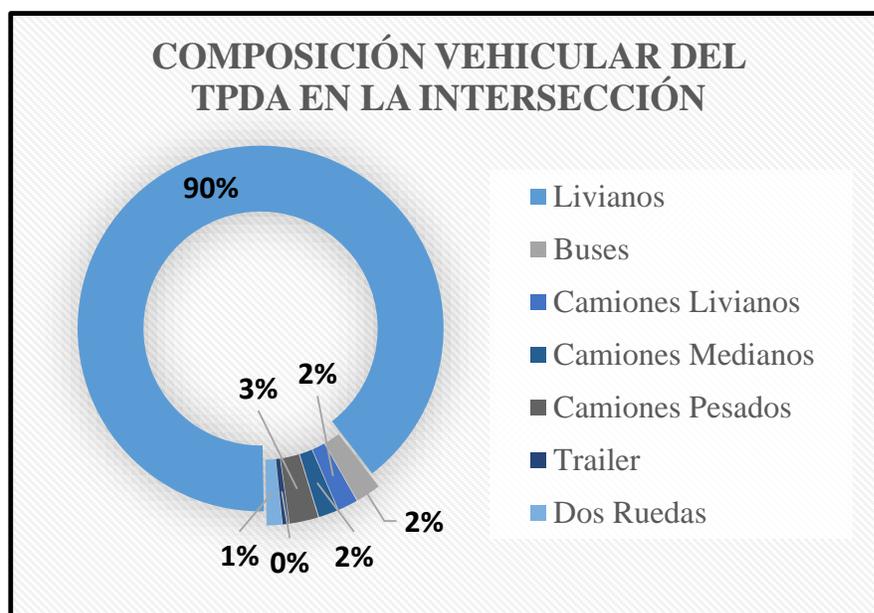


Figura 2.43 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección

2.5.1.2.6. Variación horaria del flujo en la intersección

El período de análisis del comportamiento vehicular se estableció entre las 07H00 hasta las 19H00, la variación de los volúmenes vehiculares del total de la intersección inicia con 2742 vehículos entre las 07h00 y 08h00, luego sufre una baja entre las 08h00 y 12h00, para luego ascender llegando a un pico de 2798 vehículos entre las 12h30 y 13h00, ocurriendo una baja a 2072 vehículos entre las 14h00 y 15h00 y finalmente asciende en el último período de 18h00 a 19h00 a 3052.

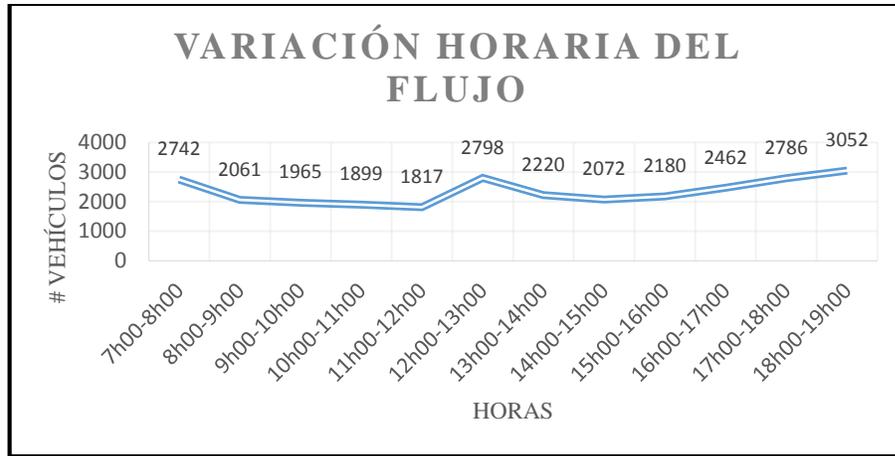


Figura 2.44 Variación horaria del flujo en la intersección

2.5.1.2.7. Micro simulación de la red

Para el cálculo de los parámetros de ingeniería de Tránsito obtenidos mediante una modelación microscópica de tránsito, se ha utilizado el software de planificación AIMSUN 8.1.3 versión expert, el cual se fundamenta en lo establecido por el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos HCM versión 2010.

Por las características geométricas de las vías en estudio, la demanda del tráfico motorizado en el estado actual levantada se ha determinado que de 12h30 – 13h30 es el período de la hora de máxima demanda.

Para el trazado de la red vial se ha realizado sobre el levantamiento topográfico realizado para garantizar la semejanza con la operación.

2.5.1.2.8. Variaciones en la hora de máxima demanda de los parámetros de tráfico

Tabla 2.26 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 3

PARÁMETRO	ACCESOS	
	Acceso 1: Vía Rápida Cuenca - Azogues	Acceso 2: Calle Hernán Malo
Nivel de Servicio	A	B
Demora	0.15	15.49
Cola	0.40	6.40
Volumen/Capacidad	0.38	0.36

Fuente: AIMSUN

Tabla 2.27 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 3

PARÁMETRO	SALIDAS	
	Salida 1: Vía Rápida Cuenca - Azogues	Salida 2: Calle Hernán Malo
Nivel de Servicio	A	A
Demora	0.55	0.42
Cola	0	0
Volumen/Capacidad	0.37	0.43

Fuente: AIMSUN

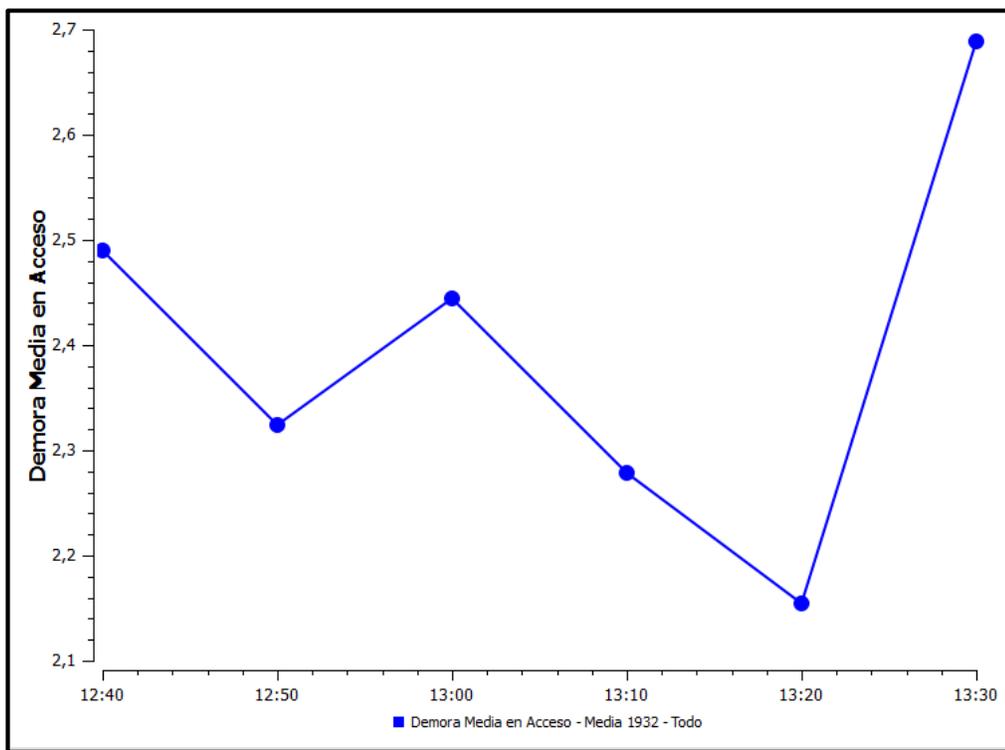


Figura 2.45 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 3 completa

Fuente: AIMSUN

2.6. INTERSECCIONES ROTATORIAS.

En el estudio realizado nos encontramos con tres intersecciones rotatorias urbanas de forma circular, así son la gran mayoría de redondeles, los islotes centrales son un círculo y las calzadas tienen una anchura constante, lo que facilita mantener la trayectoria circular sin mover el volante de una posición de giro fija por parte de los usuarios.

En sentido Este – Oeste; tenemos en primer lugar el redondel de Gapal que intersecan las vías Av. 24 de Mayo y Av. Gapal, si continuamos como segunda intersección rotatoria tenemos el redondel de la Universidad del Azuay que interseca la Av. 24 de Mayo, la Calle Hernán Malo y la Av. Francisco Moscoso y para finalizar la tercera intersección rotatoria, el redondel de los Tres Puentes que interseca con la Av. 24 de Mayo, Paseo Río Yanuncay, Av. Fray Vicente Solano, Av. Primero de Mayo, Av. Don Bosco y la Calle José Ortega y Gasset.

A continuación se describirán las condiciones geométricas actuales de las intersecciones rotatorias mencionadas.

2.6.1. Redondel Gapal.

Como ya se mencionó en esta intersección rotatoria se cruzan dos vías, la Av. 24 de Mayo y Av. Gapal. Este redondel consta con cuatro entradas y salidas, el islote tiene un diámetro de 22 metros.



Figura 2.46 Ubicación Redondel Gapal

Fuente: Google Earth

2.6.1.1. Condiciones Geométricas

Al analizar la intersección rotatoria no semaforizada nos encontramos con cuatro entradas y salidas hacia las calles mencionadas con los sentidos respectivos. La primera entrada en sentido Este – Oeste sobre la Av. 24 de Mayo, la segunda entrada está en la Av. Gapal en sentido Norte – Sur, la tercera se encuentra en la Av. 24 de Mayo con sentido Oeste – Este y la cuarta entrada se encuentra en la Av. Gapal con sentido Sur – Norte.

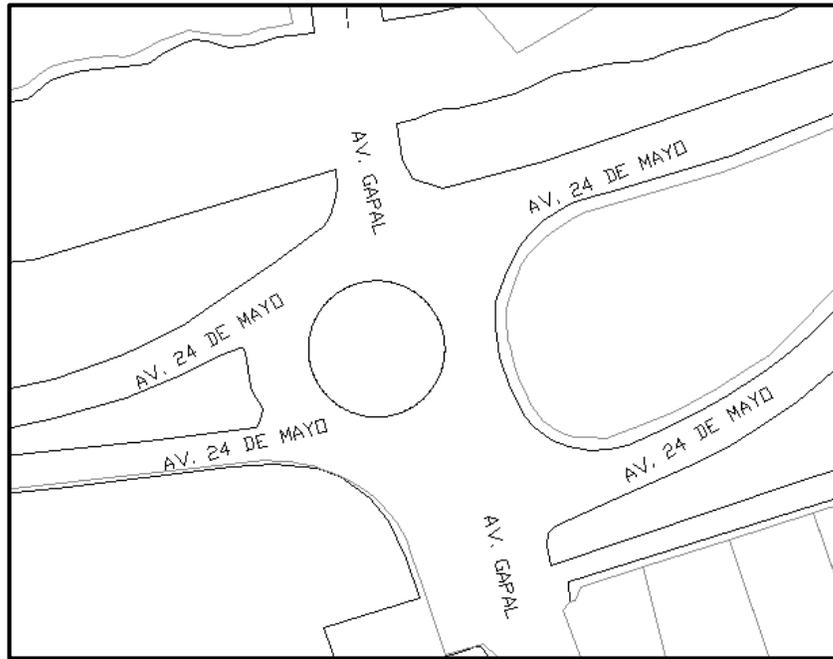


Figura 2.47 Intersección Redondel Gapal



Figura 2.48 Acceso Este intersección 4



Figura 2.49 Acceso Norte intersección 4



Figura 2.50 Acceso Oeste intersección 4



Figura 2.51 Acceso Sur intersección 4



Figura 2.52 Señalización en la intersección

La intersección presenta una vía construida con pavimento flexible, sus condiciones están en excelente estado y no necesitan adecuaciones inmediatas.

2.6.1.2. Interpretación de los resultados de volumen de Tránsito

2.6.1.2.1. Factor Expansión (Fe)

Este parámetro es calculado según consideraciones mencionadas en la sección 2.3. y por la ecuación 11 de este documento.

En la siguiente tabla se expone el Fe.

Tabla 2.28 Fe en Redondel Gapal

Fh	1.289
Fd	0.9897
Fs	1
Fm	1.015
Fe	1.296

2.6.1.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La intersección semaforizada tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 31464 vehículos al día, su configuración geométrica hacia el tráfico observado determina cuatro accesos directos; y con respecto a las salidas se identifica cuatro directas.

2.6.1.2.3. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O
- Acceso 2: Av. Gapal S-N
- Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E
- Acceso 4: Av. Gapal N-S

El principal aporte de ingreso a la intersección es la Av. Gapal con sentido N-S con 29%, le sigue los accesos Av. 24 de Mayo con sentido E-O y la Av. 24 de Mayo O-E con un porcentaje del 25% cada uno, finalmente la Av. Gapal S-N con el 21%.

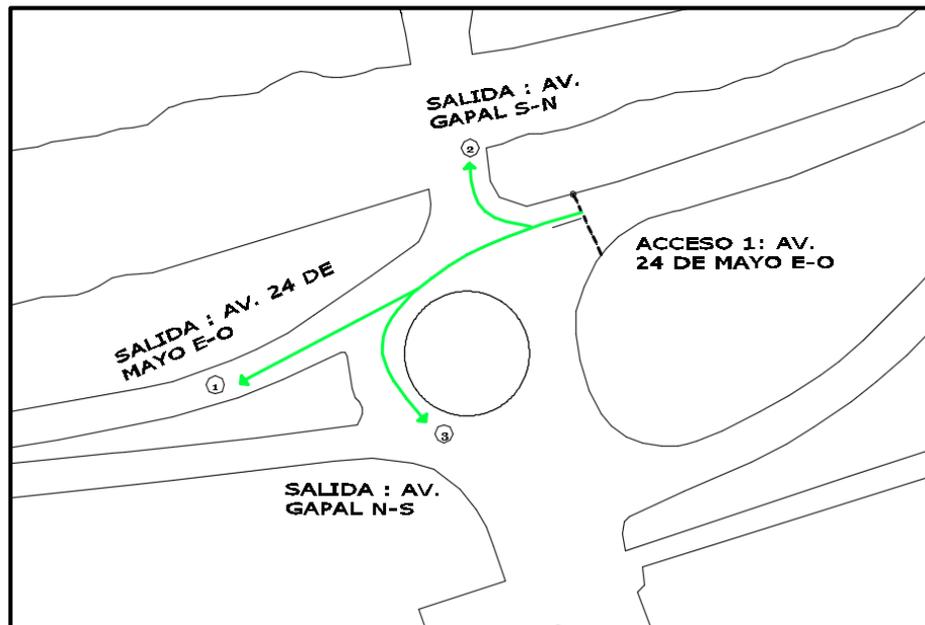


Figura 2.53 Acceso 1 en intersección 4

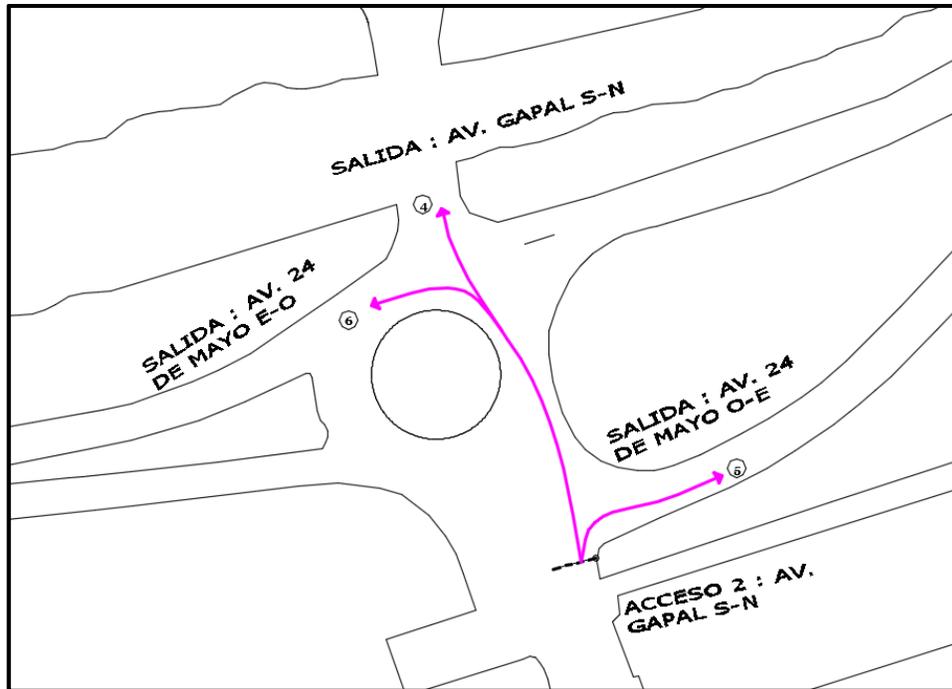


Figura 2.54 Acceso 2 en intersección 4

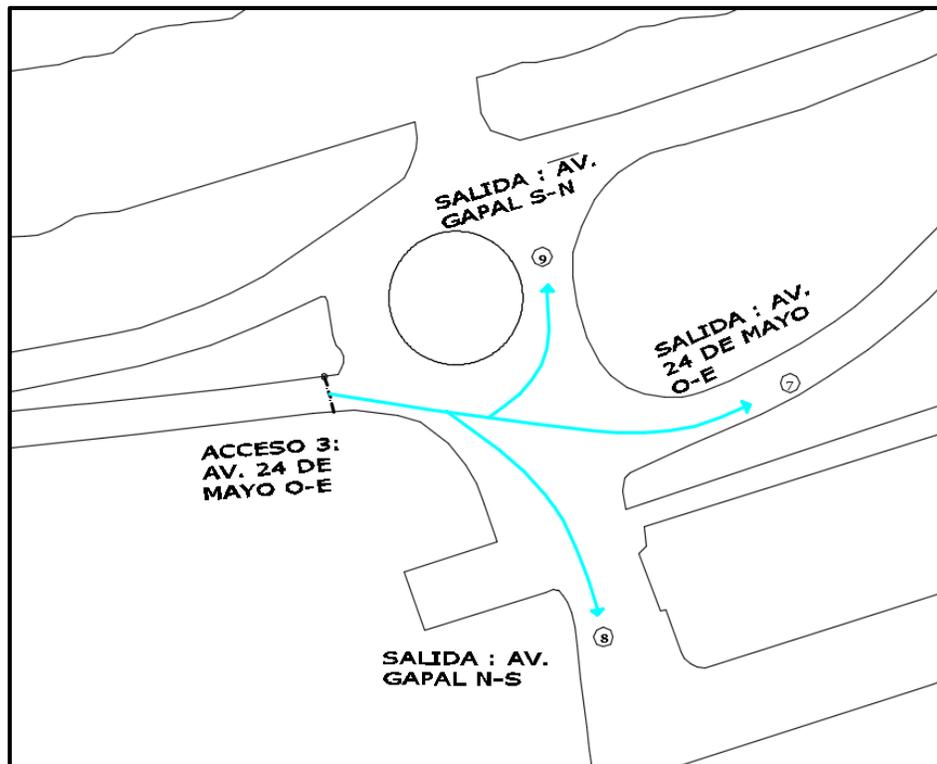


Figura 2.55 Acceso 3 en intersección 4

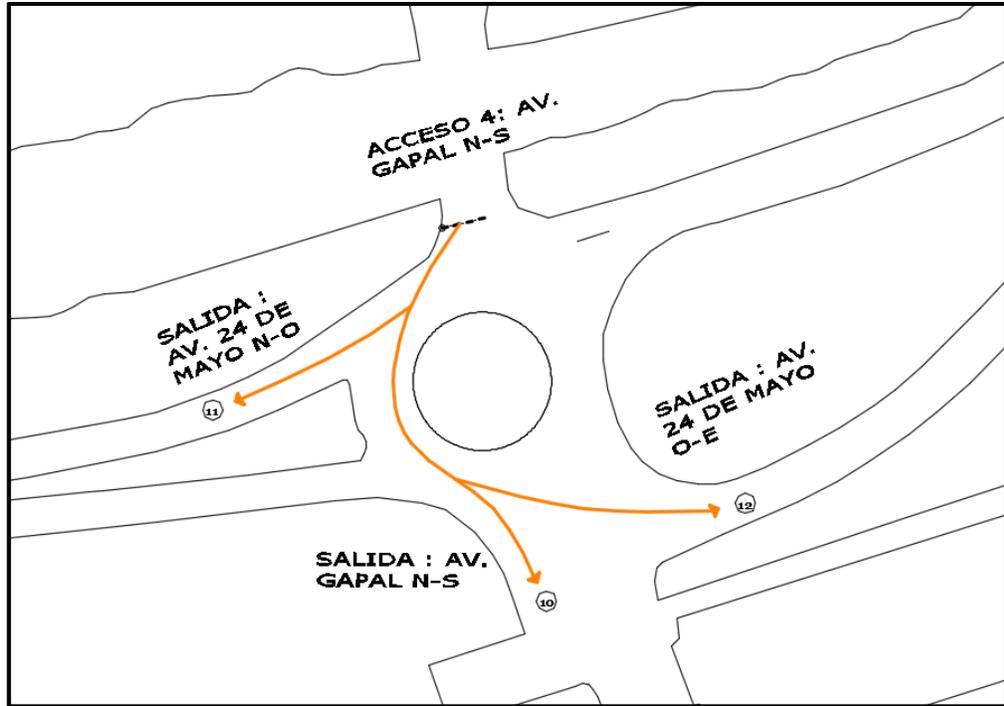


Figura 2.56 Acceso 4 en intersección 4

Tabla 2.29 Resultados generales de accesos a la intersección 4

Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h45-8h45				
	TARDE	13h00-14h00	0.83	3405	10%	2%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 1	5527		70%	18%
	Derecho	Flujo 2	233		3%	1%
	Izquierdo	Flujo 3	2168		27%	7%
	Total		7929		100%	25%

Acceso 2: Av. Gapal S-N						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h00-8h00				
	TARDE	12h30-13h30	0.92	622	10%	2%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 4	2452		38%	8%
	Derecho	Flujo 5	3125		48%	10%
	Izquierdo	Flujo 6	916		14%	3%
	Total		6493		100%	21%
Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h00-8h00				
	TARDE	12h30-13h30	0.82	831	10%	3%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 7	5854		74%	19%
	Derecho	Flujo 8	468		6%	1%
	Izquierdo	Flujo 9	1602		20%	5%
	Total		7924		100%	25%

Acceso 4: Av. Gapal N-S						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	11h45-12h45				
	TARDE	17h45-18h45	0.92	1037	11%	3%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 10	3738		41%	12%
	Derecho	Flujo 11	1558		17%	5%
	Izquierdo	Flujo 12	3823		42%	12%
	Total		9119		100%	29%

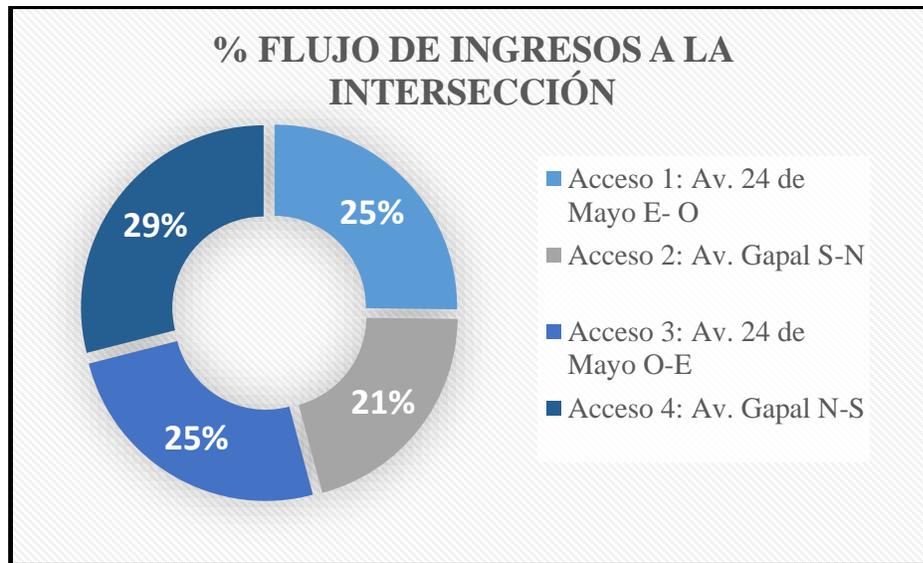


Figura 2.57 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 4

2.6.1.2.4. Salidas

Las salidas identificadas son las siguientes:

- Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E
- Salida 2: Av. Gapal S-N
- Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O
- Salida 4: Av. Gapal N-S

La salida principal está sobre la Av. 24 de Mayo O-E con 41%, la Av. Gapal S-N con un porcentaje del 20%, la Av. 24 de Mayo E-O tienen un porcentaje de salidas de un 25% y en la Av. Gapal N-S existe un 14%. Los resultados finales del volumen de Tránsito de la intersección nos indican el flujo vehicular que se debería priorizar al momento de generar soluciones en el tráfico afluente al área de influencia a la Universidad del Azuay.

Tabla 2.30 Resultados generales de salidas de la intersección 4

Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 5	3125	24%	10%
Flujo 7	5854	46%	19%
Flujo 12	3823	30%	12%
TOTAL	12802	100%	41%
Salida 2: Av. 24 Gapal S-N			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 3	2168	34%	7%
Flujo 8	468	7%	1%
Flujo 10	3738	59%	12%
TOTAL	6374	100%	20%

Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 1	5527	69%	18%
Flujo 6	916	11%	3%
Flujo 11	1558	19%	5%
TOTAL	8002	100%	25%

Salida 4: Av. 24 Gapal N-S			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 2	233	5%	1%
Flujo 4	2452	57%	8%
Flujo 9	1602	37%	5%
TOTAL	4287	100%	14%

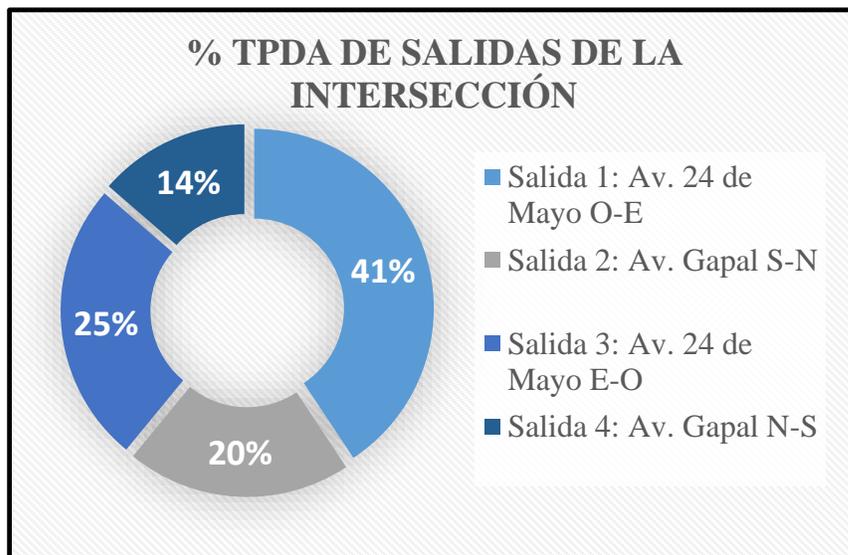


Figura 2.58 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 4

2.6.1.2.5. Composición del tráfico

Como es evidente, el vehículo liviano es el principal actor dentro de la composición vehicular de la intersección con el 90%, seguido por los buses con el 5%, los vehículos de dos ruedas con un 2% y finalmente el grupo de vehículos de camiones livianos y pesados con el 1%.

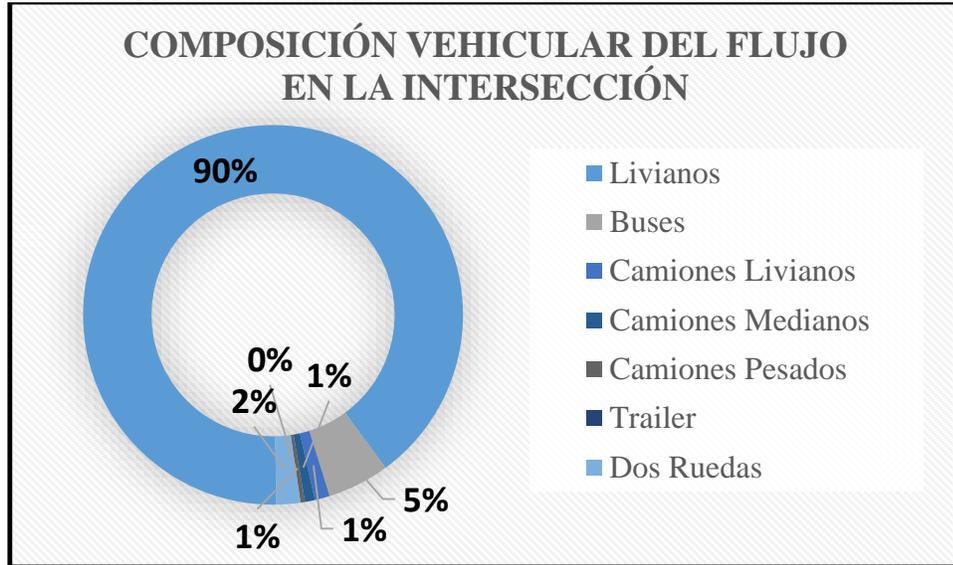


Figura 2.59 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección 4

2.6.1.2.6. Variación horaria del flujo en la intersección

El período de análisis del comportamiento vehicular se estableció entre las 07H00 hasta las 19H00, la variación de los volúmenes vehiculares del total de la intersección inicia con 3108 vehículos entre las 07h00 y 08h00, luego sufre una baja entre las 08h00 y 12h00, para luego ascender llegando a un pico de 2864 vehículos entre las 12h30 y 13h00, ocurriendo una baja a 2391 vehículos entre las 14h00 y 15h00 y finalmente asciende en el último período de 18h00 a 19h00 a 2933.

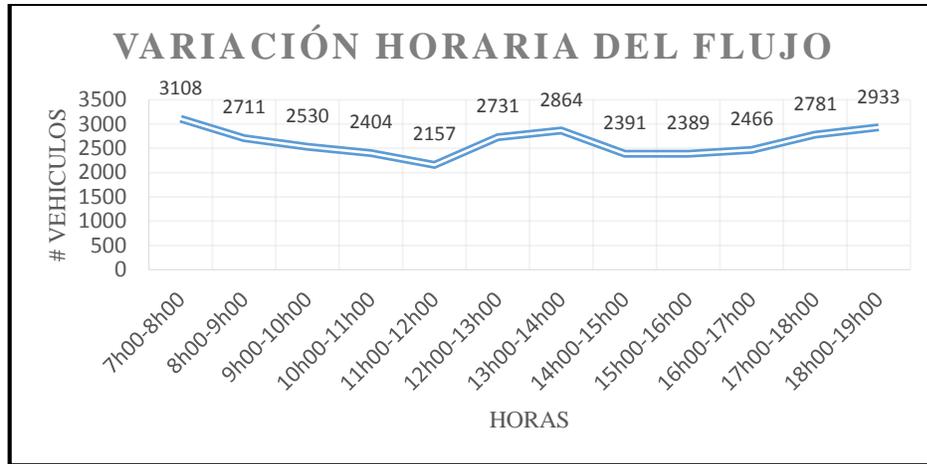


Figura 2.60 Variación horaria del flujo en la intersección 4

2.6.1.2.7. Micro simulación de la red

Para el cálculo de los parámetros de ingeniería de Tránsito obtenidos mediante una modelación microscópica de tránsito, se ha utilizado el software de planificación AIMSUN 8.1.3 versión expert, el cual se fundamenta en lo establecido por el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos HCM versión 2010.

Por las características geométricas de las vías en estudio, la demanda del tráfico motorizado en el estado actual levantada se ha determinado que de 12h30 – 13h30 es el período de la hora de máxima demanda.

Para el trazado de la red vial se ha realizado sobre el levantamiento topográfico realizado para garantizar la semejanza con la operación.

2.6.1.2.8. Variaciones en la hora de máxima demanda de los parámetros de tráfico

Tabla 2.31 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 4

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Av. Gapal S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Gapal N-S
Nivel de Servicio	F	A	A	C
Demora	62.20	8.19	20.22	20.55
Cola	9.20	3	13	7.40
Volumen/Capacidad	0.32	0.67	0.42	0.39

Fuente: AIMSUN

Tabla 2.32 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 4

PARÁMETRO	SALIDAS			
	Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E	Salida 2: Av. 24 Gapal S-N	Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O	Salida 4: Av. 24 Gapal N-S
Nivel de Servicio	A	C	C	A
Demora	0.26	23.54	21.78	0.18
Cola	1	8	26.40	0
Volumen/Capacidad	0.39	0.55	1.03	0.58

Fuente: AIMSUN

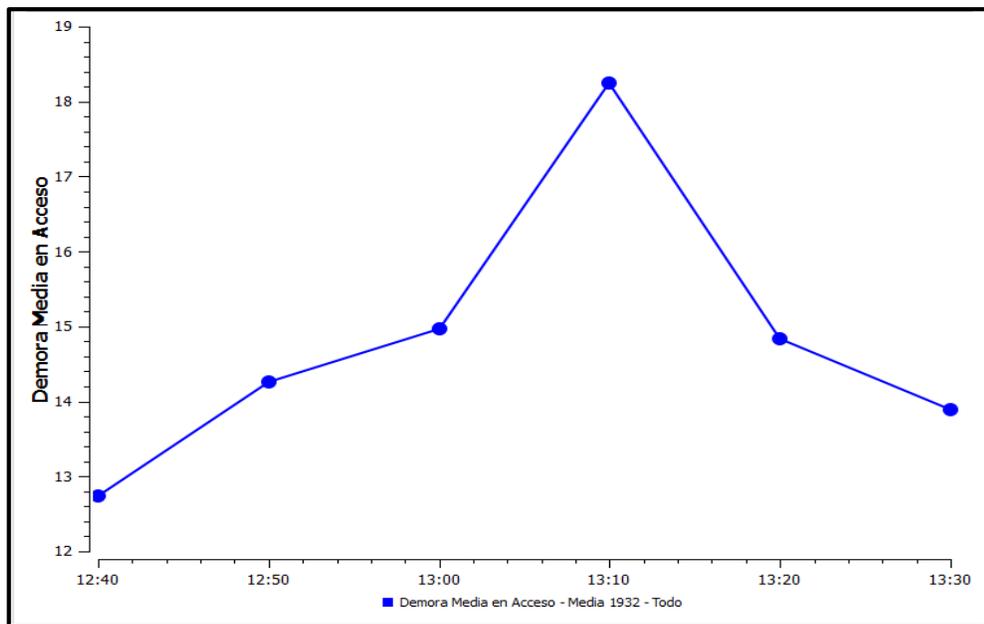


Figura 2.61 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 4 completa

Fuente: AIMSUN

2.6.2. Redondel Universidad del Azuay.

La intersección rotatoria Universidad del Azuay consta con cuatro entradas y salidas, igual que la anterior intersección, su islote tiene un diámetro de 16 metros. Las calles que se encuentran en este redondel son la Av. 24 de Mayo, Calle Hernán Malo y Av. Francisco Moscoso.



Figura 2.62 Ubicación Redondel Universidad del Azuay

Fuente: Google Earth

2.6.2.1. Condiciones Geométricas

El redondel analizado no semaforizado cuenta con cuatro entradas y salidas hacia las calles mencionadas con los sentidos respectivos. La primera entrada en sentido Este – Oeste sobre la Av. 24 de Mayo, la segunda entrada está en la Av. Francisco Moscoso en sentido Norte – Sur, la tercera se encuentra en la Av. 24 de Mayo con sentido Oeste – Este y la cuarta entrada se encuentra en la calle Hernán Malo con sentido Sur – Norte.

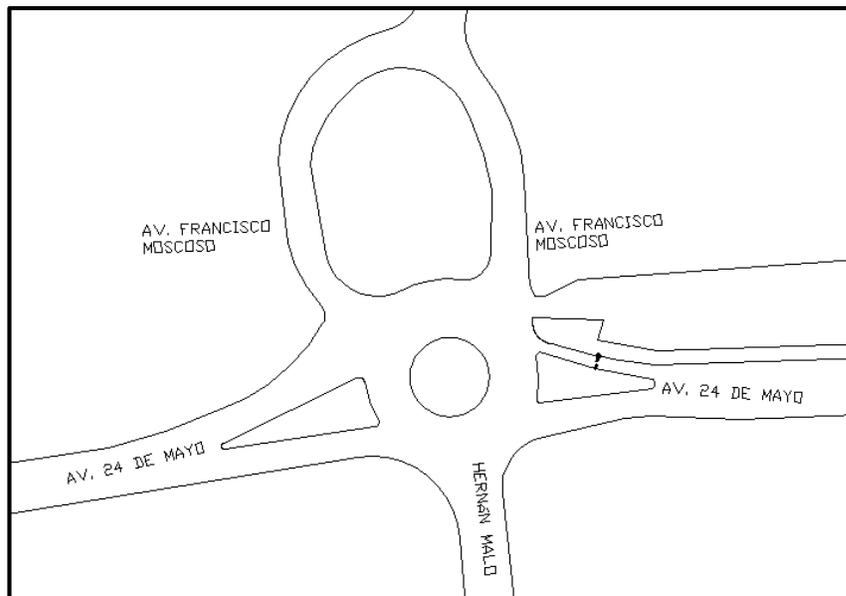


Figura 2.63 Intersección Redondel Universidad del Azuay



Figura 2.64 Acceso Este intersección 5



Figura 2.66 Acceso Oeste intersección 5



Figura 2.65 Acceso Sur intersección 5



Figura 2.67 Acceso Norte intersección 5

La intersección presenta una vía construida con pavimento flexible, sus condiciones están en excelente estado y no necesitan adecuaciones inmediatas.

2.6.2.2. Interpretación de los resultados de volumen de Tránsito

2.6.2.2.1. Factor Expansión (Fe)

Este parámetro es calculado según consideraciones mencionadas en la sección 2.3. y por la ecuación 11 de este documento.

En la siguiente tabla se expone el Fe.

Tabla 2.33 Fe en Redondel de Gapal

Fh	1.469
Fd	0.881
Fs	1
Fm	1.014
Fe	1.312

2.6.2.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La intersección semaforizada tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 29319 vehículos al día, su configuración geométrica hacia el tráfico observado determina cuatro accesos directos; y con respecto a las salidas se identifica cuatro directas.

2.6.2.2.3. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O
- Acceso 2: Calle Hernán Malo S-N
- Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E
- Acceso 4: Av. Francisco Moscoso N-S

El principal aporte de ingreso a la intersección es la Av. 24 de Mayo con sentido E-O con 36%, le sigue la Av. 24 de Mayo con sentido O-E con un porcentaje del 25%, continuado por el acceso Av. Francisco Moscoso N-S con el 23%, finalmente la Calle Hernán Malo con el 16%.

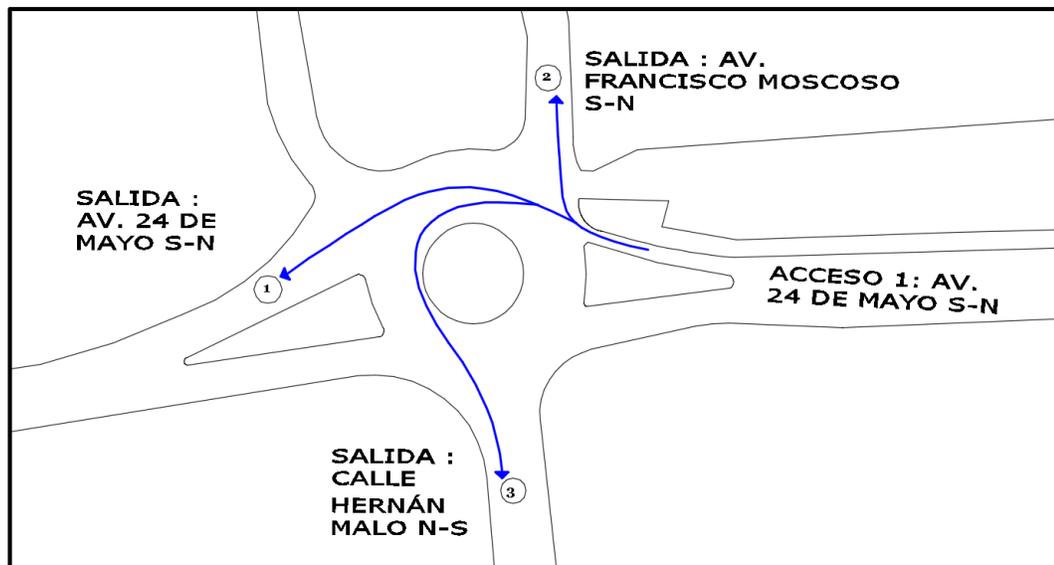


Figura 2.68 Acceso 1 en intersección 5

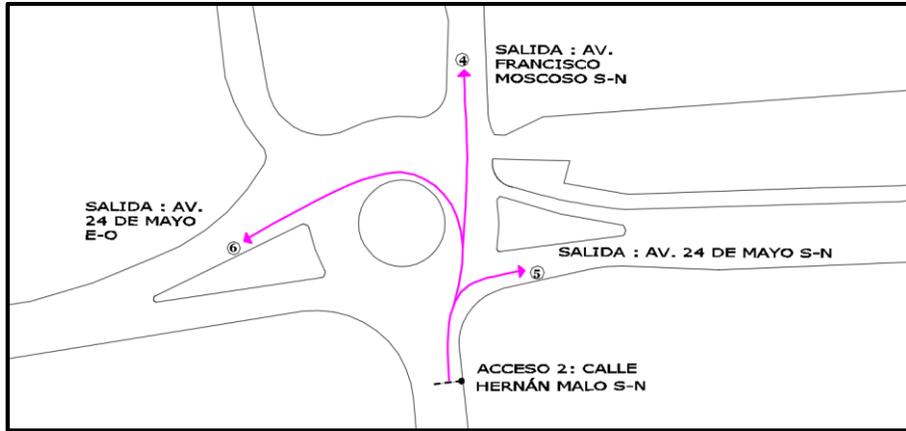


Figura 2.69 Acceso 2 en intersección 5

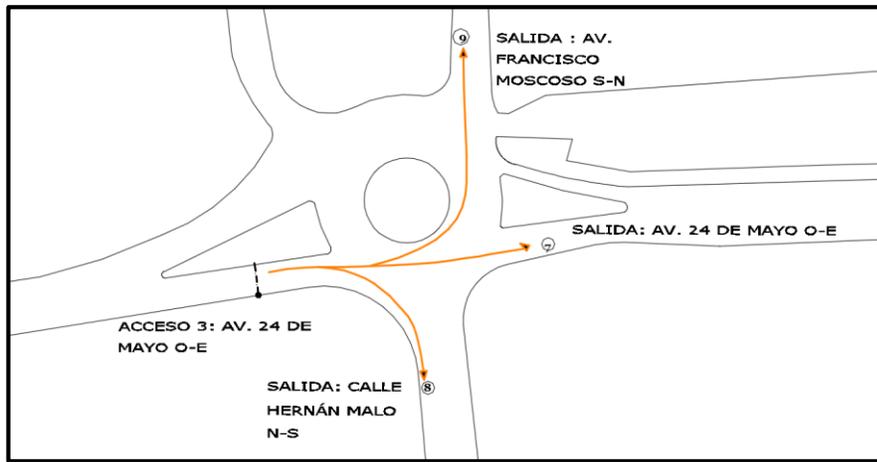


Figura 2.70 Acceso 1 en intersección 5

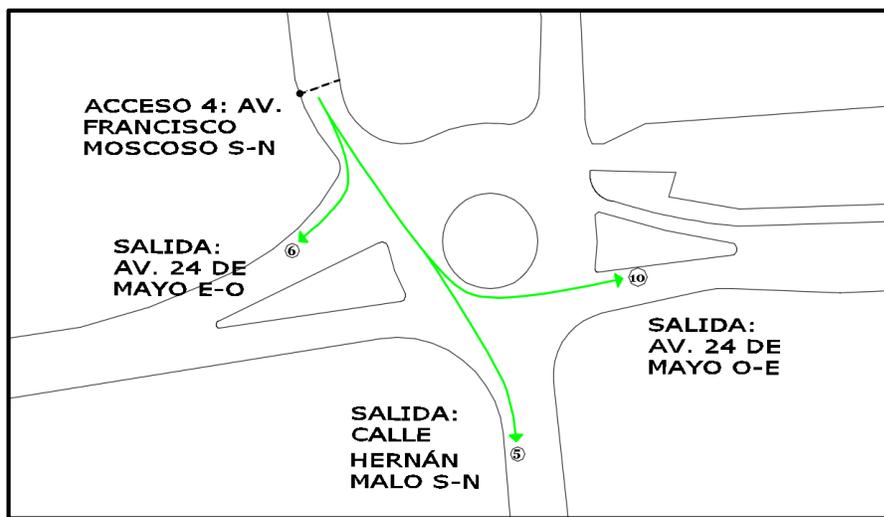


Figura 2.71 Acceso 1 en intersección 5

Tabla 2.34 Resultados generales de accesos a la intersección

Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h15-8h15				
	TARDE	12h30-13h30				
			0.83	1161	11%	4%
			0.92	1120	11%	4%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 1	5513		53%	19%
	Derecho	Flujo 2	4453		42%	15%
	Izquierdo	Flujo 3	522		5%	2%
	Total		10488		100%	36%
Acceso 2: Calle Hernán Malo S-N						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h15-8h15				
	TARDE	12h45-13h45				
			0.93	627	14%	2%
			0.8	454	10%	2%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 4	2892		63%	10%
	Derecho	Flujo 5	1056		23%	4%
	Izquierdo	Flujo 6	646		14%	2%
	Total		4593		100%	16%

Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h00-8h00				
	TARDE	18h00-19h00				
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 7	6140		82%	21%
	Derecho	Flujo 8	546		7%	2%
	Izquierdo	Flujo 9	789		11%	3%
	Total		7474		100%	25%
Acceso 4: Av. Francisco Moscoso N-S						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h00-8h00				
	TARDE	17h45-18h45				
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Recto	Flujo 10	1368		20%	5%
	Derecho	Flujo 11	1577		23%	5%
	Izquierdo	Flujo 12	3818		56%	13%
	Total		6763		100%	23%

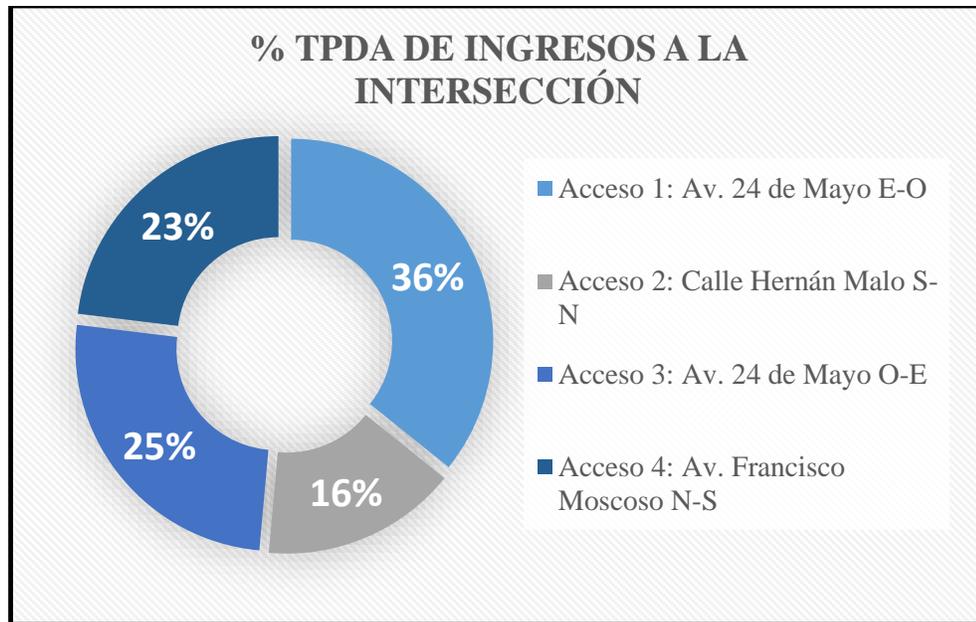


Figura 2.72 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección

2.6.2.2.4. Salidas

Las salidas identificadas son las siguientes:

- Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E
- Salida 2: Calle Hernán Malo N-S
- Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O
- Salida 4: Av. Francisco Moscoso S-N

La salida principal está sobre la Av. 24 de Mayo O-E con el 38%, por la Av. Francisco Moscoso tiene un 28% del total de salidas de la intersección, en la Av. 24 de Mayo E-O hay un 26% y en la Calle Hernán Malo hay 8%. Los resultados finales del volumen de Tránsito de la intersección nos indican el flujo vehicular que se debería priorizar al momento de generar soluciones en el tráfico afluente al área de influencia a la Universidad del Azuay.

Tabla 2.35 Resultados generales de salidas de la intersección

Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 5	1056	10%	4%
Flujo 7	6140	56%	21%
Flujo 12	3818	35%	13%
TOTAL	11014	100%	38%
Salida 2: Calle Hernán Malo N-S			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 3	522	21%	2%
Flujo 8	546	22%	2%
Flujo 10	1368	56%	5%
TOTAL	2436	100%	8%
Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 1	5513	71%	19%
Flujo 6	646	8%	2%
Flujo 11	1577	20%	5%
TOTAL	7736	100%	26%
Salida 4: Av. Francisco Moscoso S-N			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 2	4453	55%	15%

Flujo 4	2892	36%	10%
Flujo 9	789	10%	3%
TOTAL	8133	100%	28%

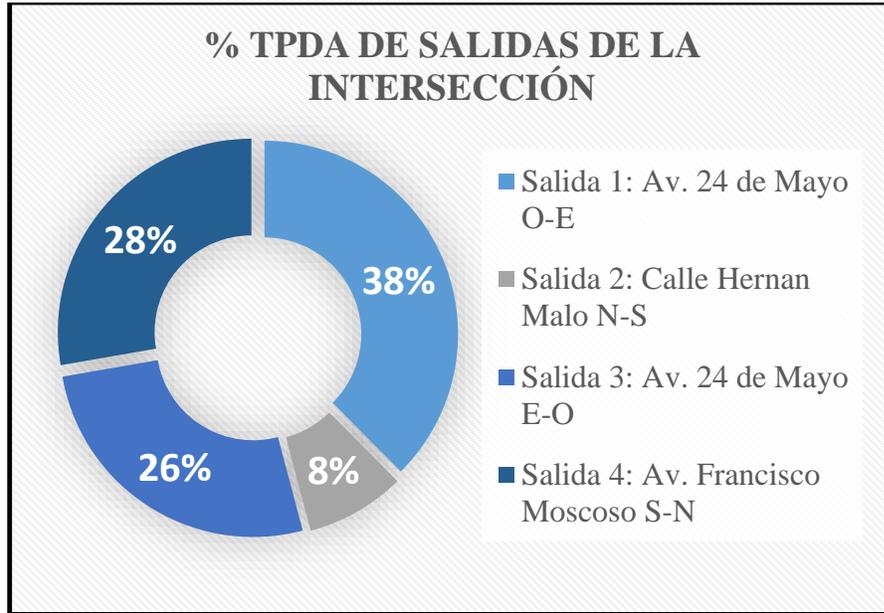


Figura 2.73 Porcentajes de flujo por salida de la intersección

2.6.2.2.5. Composición del tráfico

Como es evidente, el vehículo liviano es el principal actor dentro de la composición vehicular de la intersección con el 93%, seguido por los buses con el 3%, los vehículos de dos ruedas con un 2% y finalmente el grupo de vehículos de camiones livianos con el 1%.

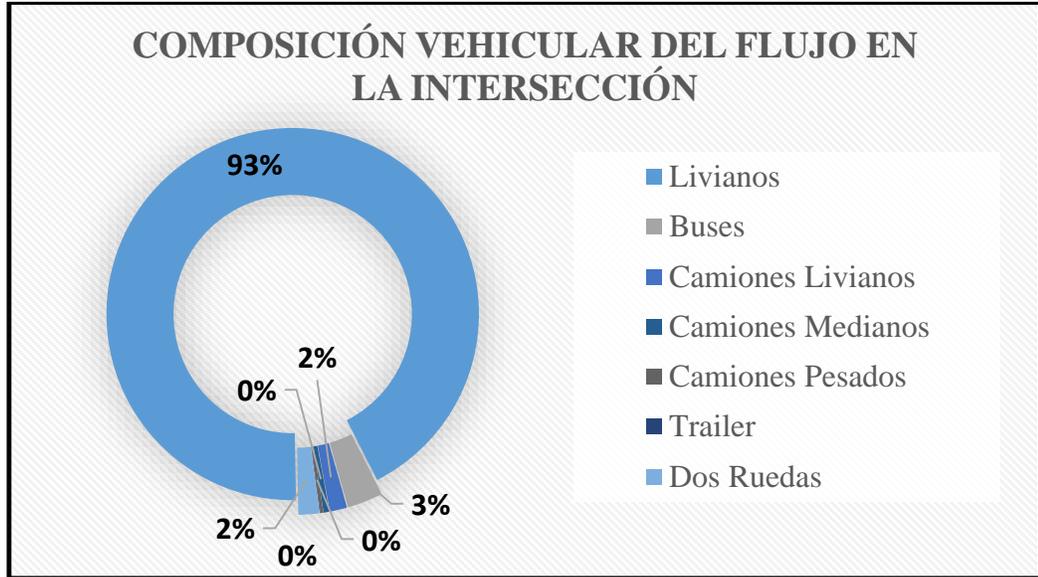


Figura 2.74 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección

2.6.2.2.6. Variación horaria del flujo en la intersección

El período de análisis del comportamiento vehicular se estableció entre las 07H00 hasta las 19H00, la variación de los volúmenes vehiculares del total de la intersección inicia con 3346 vehículos entre las 07h00 y 08h00, luego sufre una baja entre las 08h00 y 12h00, para luego ascender llegando a un pico de 2789 vehículos entre las 12h30 y 13h00, ocurriendo una baja a 1950 vehículos entre las 14h00 y 15h00 y finalmente asciende en el último período de 18h00 a 19h00 a 2764.

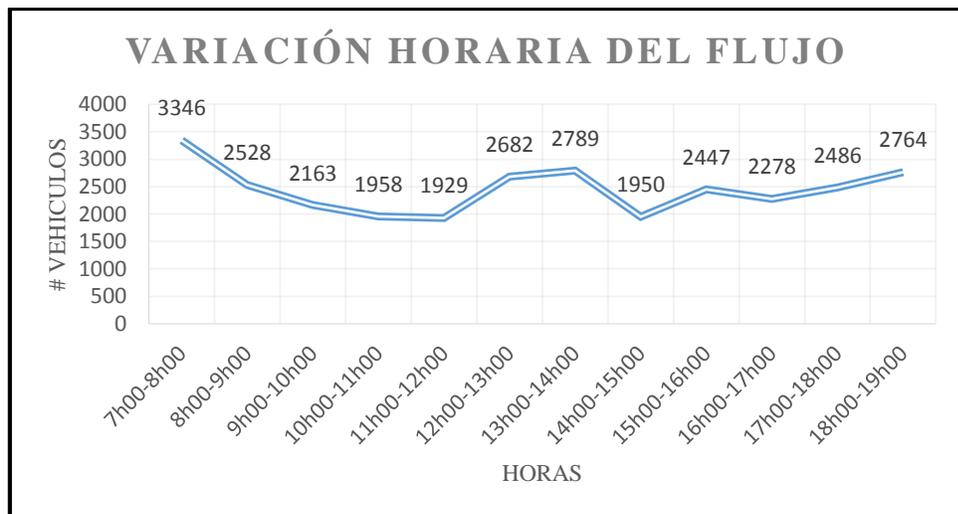


Figura 2.75 Variación horaria del flujo en la intersección

2.6.2.2.7. Micro simulación de la red

Para el cálculo de los parámetros de ingeniería de Tránsito obtenidos mediante una modelación microscópica de tránsito, se ha utilizado el software de planificación AIMSUN 8.1.3 versión expert, el cual se fundamenta en lo establecido por el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos HCM versión 2010.

Por las características geométricas de las vías en estudio, la demanda del tráfico motorizado en el estado actual levantada se ha determinado que de 12h30 – 13h30 es el período de la hora de máxima demanda.

Para el trazado de la red vial se ha realizado sobre el levantamiento topográfico realizado para garantizar la semejanza con la operación.

2.6.2.2.8. Variaciones en la hora de máxima demanda de parámetros de tráfico

Tabla 2.36 Parámetros de tráfico en los accesos

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Calle Hernán Malo S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Francisco Moscoso N-S
Nivel de Servicio	C	B	C	A
Demora	15.50	12.05	18.9	4.50
Cola	17.60	3.8	7	2
Volumen/Capacidad	1.02	0.21	0.33	0.38

Fuente: AIMSUN

Tabla 2.37 Parámetros de tráfico en las salidas

PARÁMETRO	SALIDAS			
	Salida 1: Av. 24 de Mayo O-E	Salida 2: Calle Hernán Malo N-S	Salida 3: Av. 24 de Mayo E-O	Salida 4: Av. Francisco Moscoso S-N
Nivel de Servicio	A	C	A	A
Demora	3.52	15.49	2.54	0.23
Cola	4.60	6.40	0.60	0.20
Volumen/Capacidad	0.42	0.36	0.41	0.83

Fuente: AIMSUN

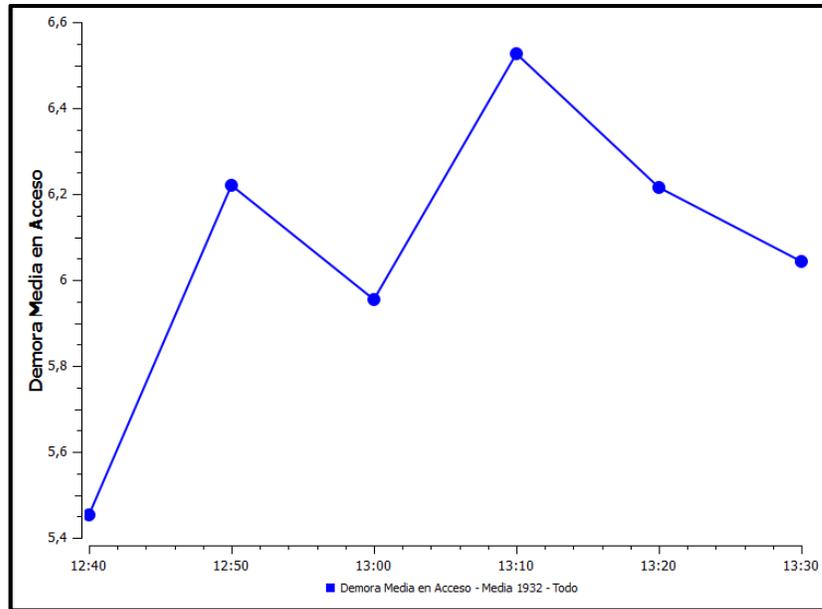


Figura 2.76 Tiempo de Demoras Situación actual intersección 5 completa

Fuente: AIMSUN

2.6.3. Redondel de los Tres Puentes.

En esta intersección rotatoria se intersecan la Av. 24 de Mayo, Paseo Río Yanuncay, Av. Fray Vicente Solano, Av. Primero de Mayo, Av. Don Bosco y la Calle José Ortega y Gasset. Este redondel consta con seis entradas y salidas, el islote tiene un diámetro de 28 metros.



Figura 2.77 Ubicación Redondel de los Tres Puentes

Fuente: Google Earth

2.6.3.1. Condiciones Geométricas

La intersección rotatoria Redondel de los Tres Puentes no semaforizada tiene seis entradas y salidas hacia las calles mencionadas con los sentidos respectivos. La primera entrada en sentido Sureste – Noroeste sobre la Av. 24 de Mayo, la segunda entrada está en Paseo Río Yanuncay en sentido Noreste – Suroeste, la tercera se encuentra en la Av. Fray Vicente Solano sentido Norte – Sur, la quinta entrada se encuentra en la Av. Primero de Mayo con sentido Noroeste – Sureste y la sexta entrada con sentido Sur – Norte.

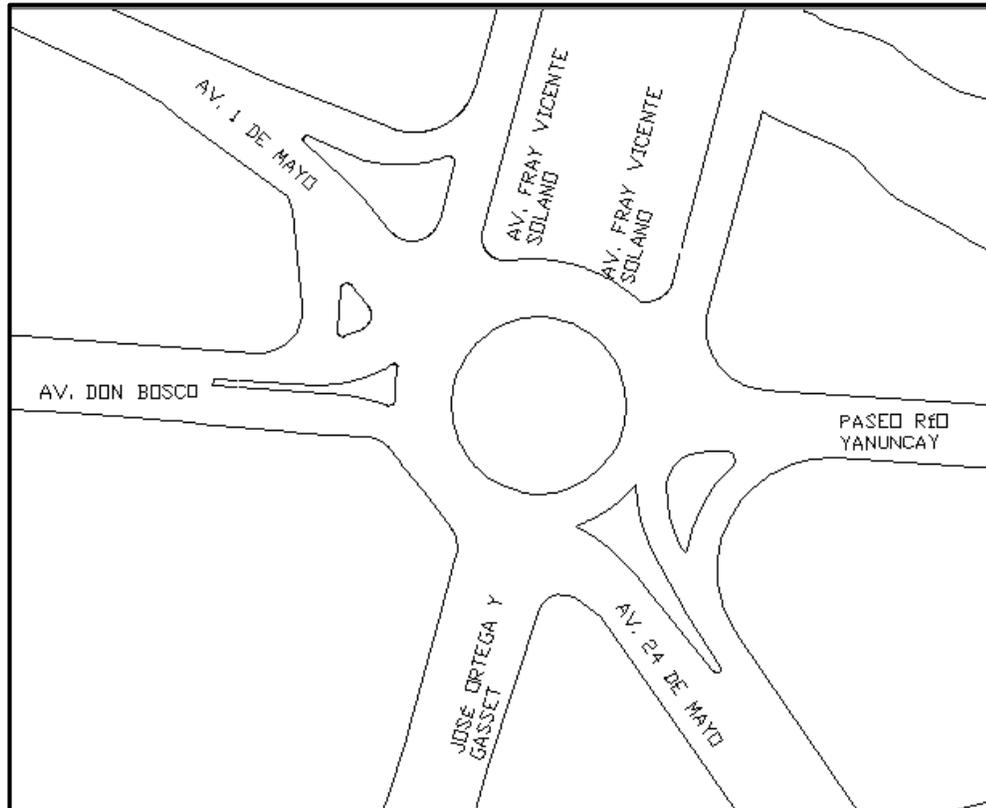
**Figura 2.78 Intersección Redondel de los Tres Puentes**



Figura 2.79 Acceso Av. 24 de Mayo intersección 5



Figura 2.82 Acceso Av. Primero de Mayo intersección 5



Figura 2.80 Acceso Paseo Río Yanuncay intersección 5



Figura 2.83 Av. Don Bosco intersección 5



Figura 2.81 Acceso Norte intersección 5



Figura 2.84 Acceso Sur intersección 5

La intersección presenta una vía construida con pavimento rígido, sus condiciones están en buen estado y no necesitan adecuaciones inmediatas.

2.6.3.2. Interpretación de los resultados de volumen de Tránsito

2.6.3.2.1. Factor Expansión (Fe)

Este parámetro es calculado según consideraciones mencionadas en la sección 2.3. y por la ecuación 11 de este documento.

En la siguiente tabla se expone el Fe.

Tabla 2.38 Fe Redondel de los Tres Puentes

Fh	1.469
Fd	0.881
Fs	1
Fm	1.000
Fe	1.294

2.6.3.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La intersección semaforizada tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 43291 vehículos al día, su configuración geométrica hacia el tráfico observado determina cuatro accesos directos; y con respecto a las salidas se identifica cuatro directas.

2.6.3.2.3. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. 24 de Mayo
- Acceso 2: Paseo Río Yanuncay
- Acceso 3: Av. Fray Vicente Solano
- Acceso 4: Av. Primero de Mayo
- Acceso 5: Av. Don Bosco.
- Acceso 6: Av. José Ortega y Gasset

El principal aporte de ingreso a la intersección es la Av. Fray Vicente Solano con sentido N-S con 37%, le sigue la Av. 24 de Mayo con sentido E-O con un porcentaje del 25%, continuado por el acceso Av. Primero de Mayo con el 13%, después está el acceso de la Av. José Ortega y Gasset con el 12%, el acceso de la Av. Don Bosco tiene un 11% y finalmente Paseo Río Yanuncay con el 2%.

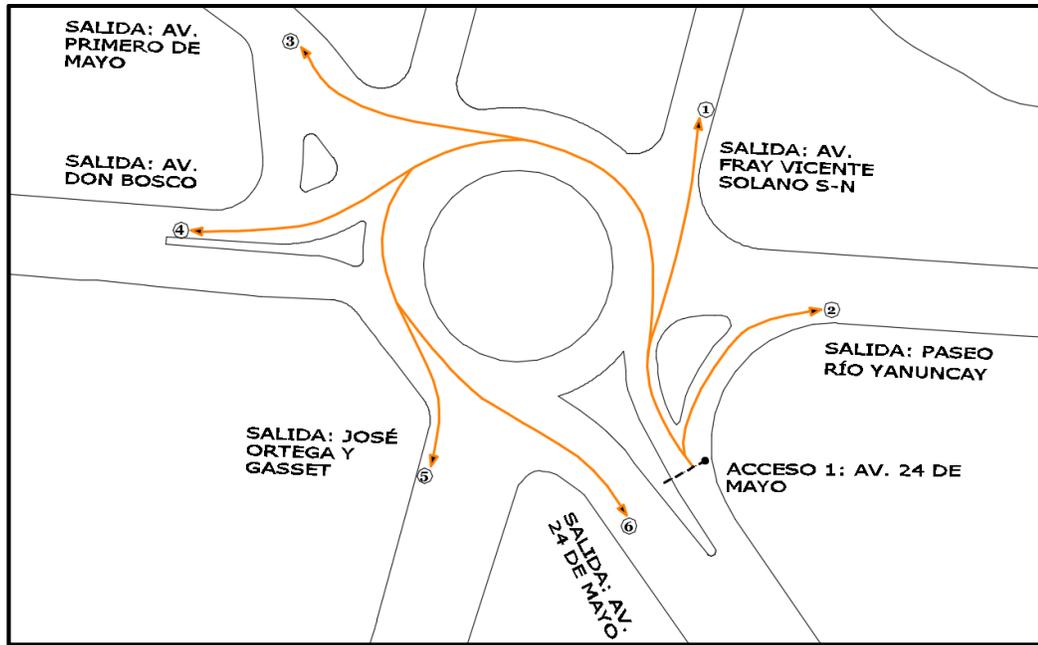


Figura 2.85 Acceso 1 en intersección 6

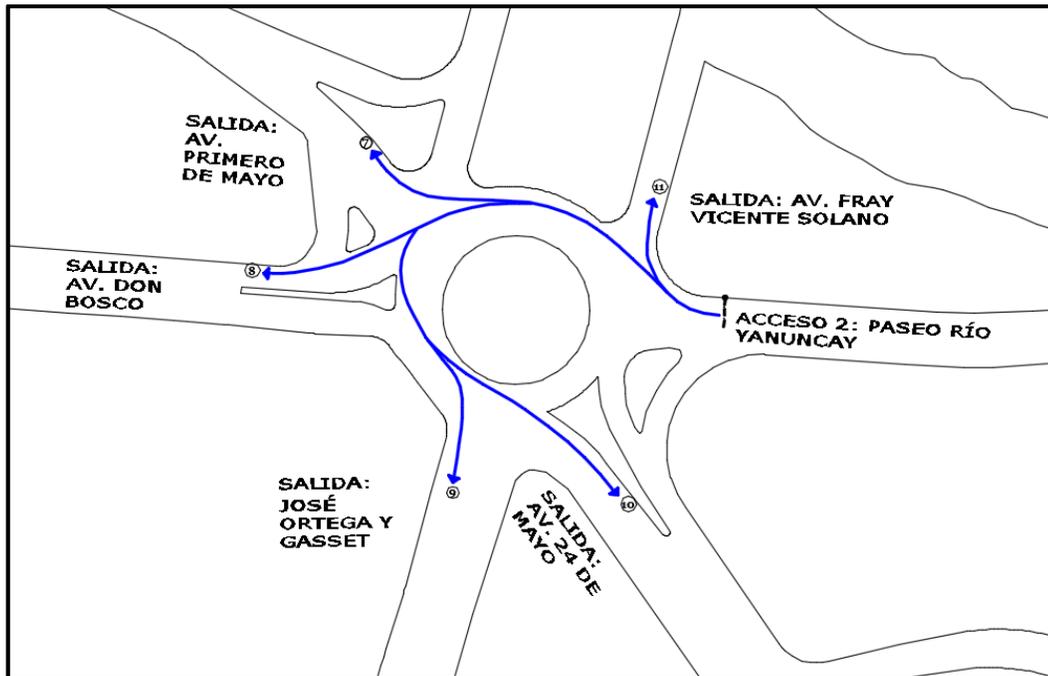


Figura 2.86 Acceso 2 en intersección 6

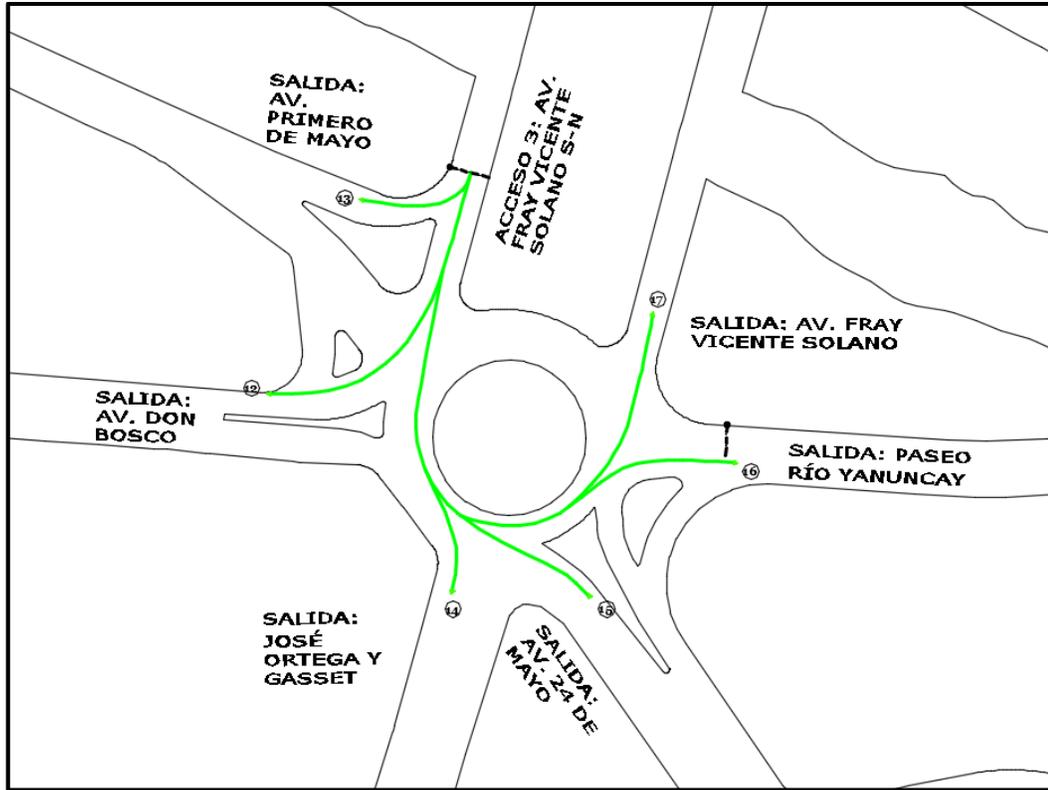


Figura 2.87 Acceso 3 en intersección 6

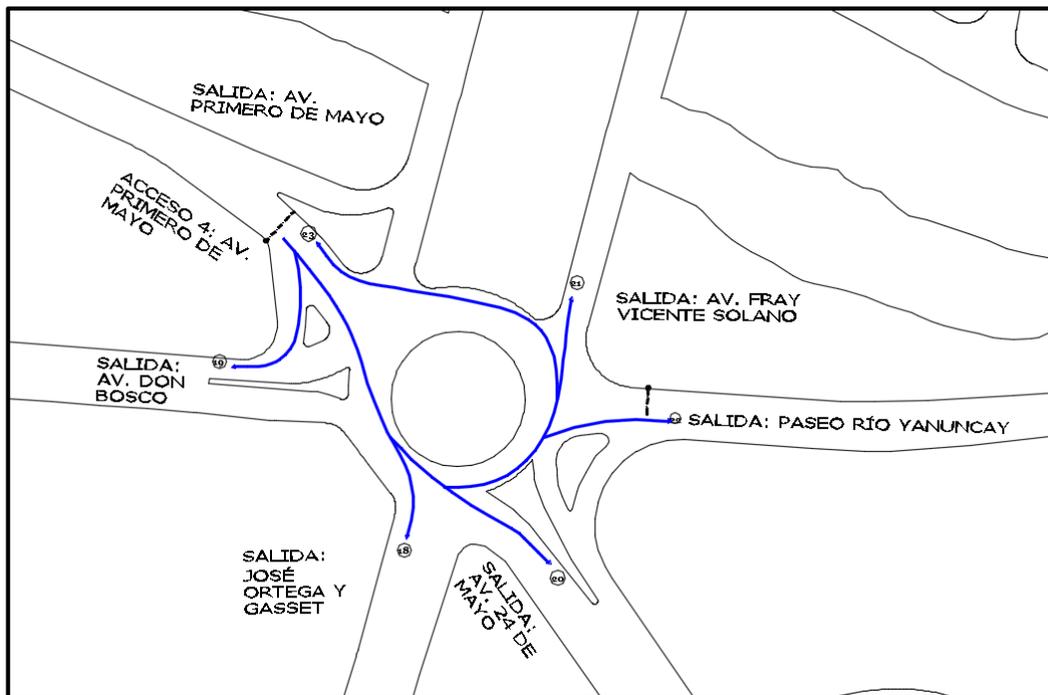


Figura 2.88 Acceso 4 en intersección 6

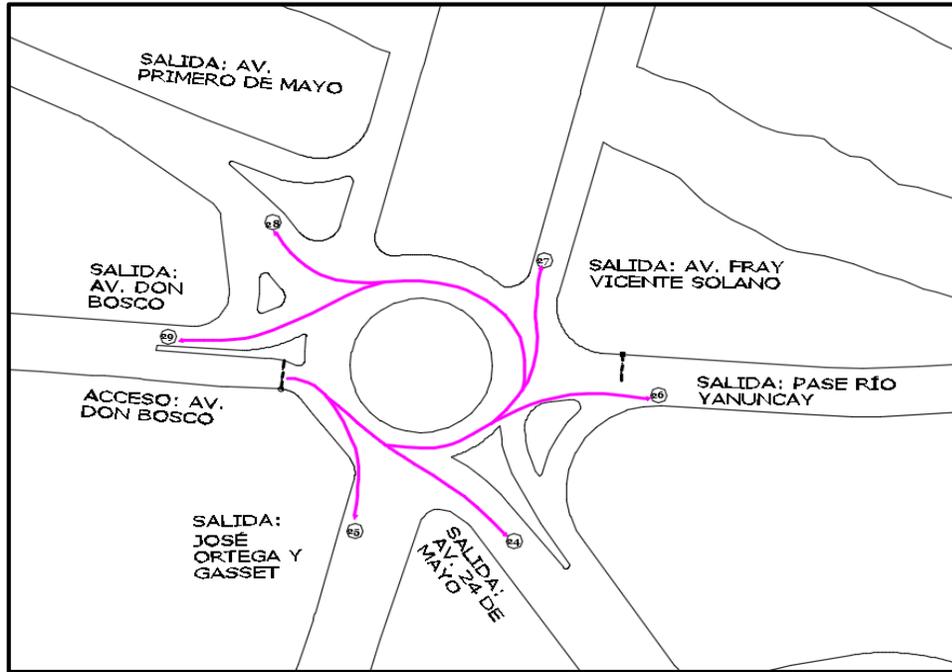


Figura 2.89 Acceso 5 en intersección 6

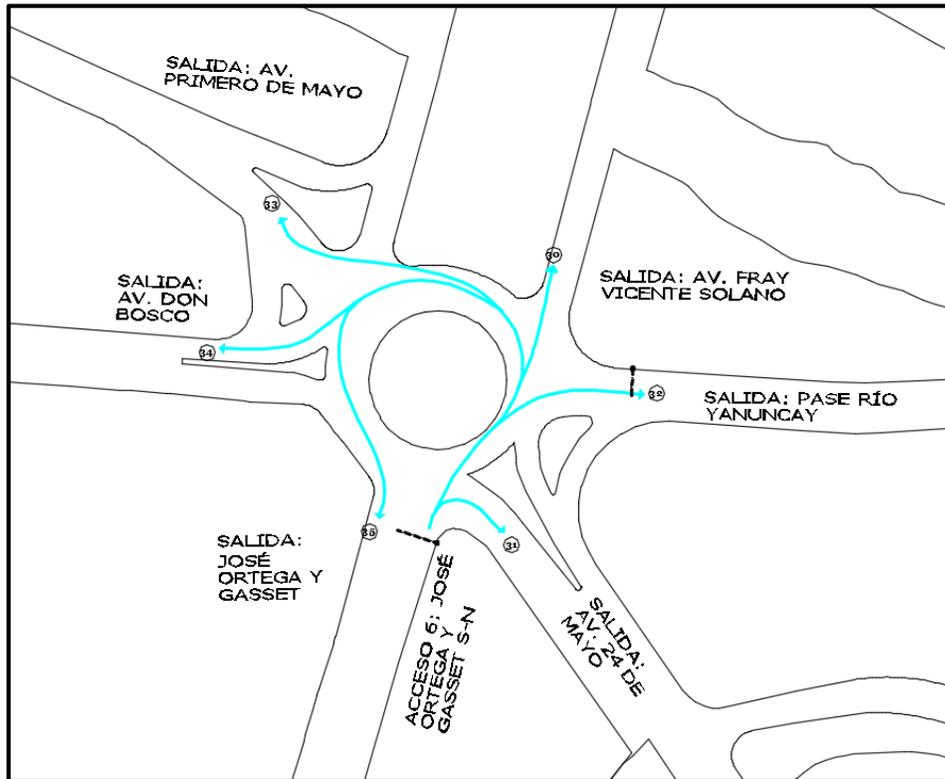


Figura 2.90 Acceso 6 en intersección 6

Tabla 2.39 Resultados generales de accesos a la intersección 6

Acceso 1: Av. 24 Mayo E-O						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h45-8h45				
	TARDE	16h30-17h30				
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Paseo Río Yanuncay	Flujo 1	60		1%	0%
	Av. Fray Vicente Solano S-N	Flujo 2	3182		29%	7%
	Av. Primero de Mayo E- S	Flujo 3	4604		42%	11%
	Av. Don Bosco E-O	Flujo 4	2554		23%	6%
	Av. José Ortega y Gasset N-S	Flujo 5	322		3%	1%
	Retorno	Flujo 6	199		2%	0%
	TOTAL		10921		100%	25%
	Acceso 2: Paseo Río Yanuncay					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)

	MAÑANA	7h45-8h45	0.76	135	12%	0%
	TARDE	12h30-13h30	0.85	145	13%	0%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA		FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Av. Primero de Mayo E-S	Flujo 7		155	15%	0%
	Av. Don Bosco E-O	Flujo 8		66	6%	0%
	Av. José Ortega y Gasset N-S	Flujo 9		67	6%	0%
	Av. 24 de Mayo S-E	Flujo 10		67	6%	0%
	Av. Fray Vicente Solano S-N	Flujo 11		712	67%	2%
	TOTAL			1068	100%	2%
Acceso 3: Av. Fray Vicente Solano N-S						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	11h45-12h45	0.97	1674	11%	4%
	TARDE	12h00-13h00	0.93	1596	10%	4%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA		FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)

	Av. Don Bosco E-O	Flujo 12	3826	24%	9%	
	Av. Primero de Mayo E-S	Flujo 13	3908	25%	9%	
	Av. José Ortega y Gasset N-S	Flujo 14	4108	26%	9%	
	Av. 24 de Mayo S-E	Flujo 15	2268	14%	5%	
	Paseo Río Yanuncay	Flujo 16	396	2%	1%	
	Retorno	Flujo 17	1335	8%	3%	
	TOTAL		15842	100%	37%	
Acceso 4: Av. Primero de Mayo						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	10h00-11h00	0.96	549	10%	1%
	TARDE	12h15-13h15	0.85	577	10%	1%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL		% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	Av. José Ortega y Gasset N-S	Flujo 18	360	6%	1%	
	Av. Don Bosco E-O	Flujo 19	138	2%	0%	
	Av. 24 de Mayo S-E	Flujo 20	3219	58%	7%	

	Av. Fray Vicente Solano S-N	Flujo 21	1783	32%	4%	
	Paseo Río Yanuncay	Flujo 22	75	1%	0%	
	Retorno	Flujo 23	18	0%	0%	
	TOTAL		5594	100%	13%	
Acceso 5: Av. Don Bosco						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	7h45-8h45	0.92	870	10%	3%
	TARDE	16h30-17h30	0.82	810	10%	3%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)	
	Av. 24 de Mayo S-E	Flujo 24	1618	34%	4%	
	Av. José Ortega y Gasset N-S	Flujo 25	78	2%	0%	
	Paseo Río Yanuncay	Flujo 26	61	1%	0%	
	Av. Fray Vicente Solano S-N	Flujo 27	2794	59%	6%	
	Av. Primero de Mayo E-S	Flujo 28	93	2%	0%	
	Retorno	Flujo 29	80	2%	0%	

	TOTAL		4723	100%	11%	
Acceso 6: Av. José Ortega y Gasset						
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA MÁXIMA DEMANDA		FHP	TPDA TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)
	MAÑANA	11h30-12h30	0.89	481	9%	1%
	TARDE	16h45-17h45	0.97	575	11%	1%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Acceso)	% FLUJO (Intersección)	
	Av. Fray Vicente Solano S-N	Flujo 30	3231	63%	7%	
	Av. 24 de Mayo S-E	Flujo 31	1637	32%	4%	
	Paseo Río Yanuncay	Flujo 32	52	1%	0%	
	Av. Primero de Mayo E- S	Flujo 33	149	3%	0%	
	Av. Don Bosco E-O	Flujo 34	69	1%	0%	
	Retorno	Flujo 35	5	0%	0%	
	TOTAL		5142	100%	12%	

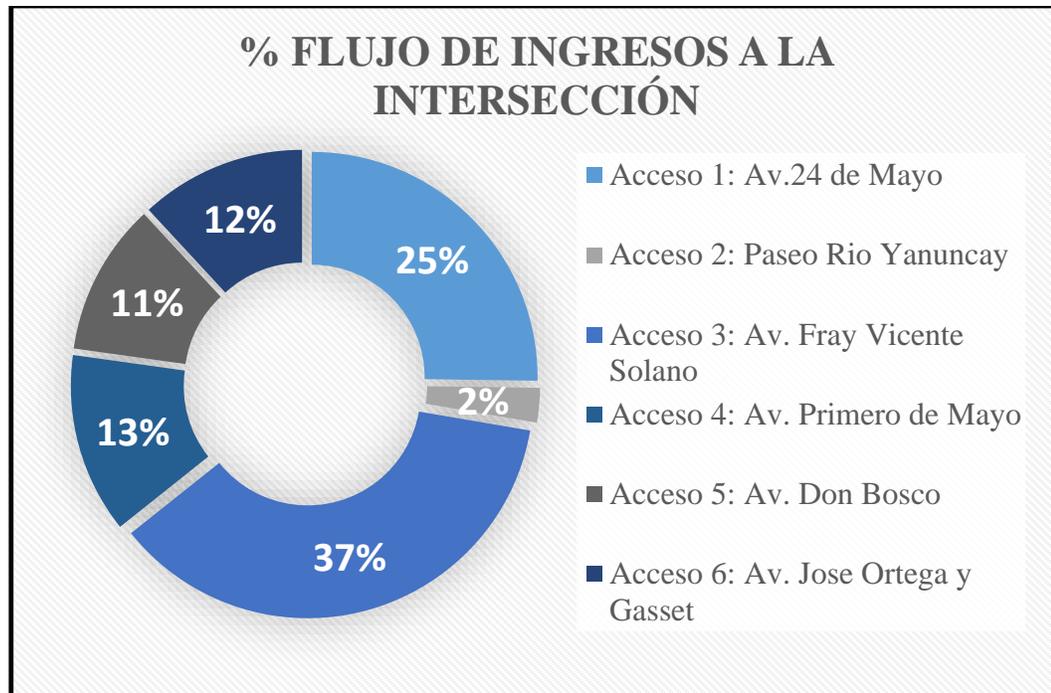


Figura 2.91 Porcentajes de flujo por acceso a la intersección 6

2.6.3.2.4. Salidas

Las salidas identificadas son las siguientes:

- Salida 1: Av. Fray Vicente Solano S-N
- Salida 2: Av. Primero de Mayo E-N
- Salida 3: Av. Don Bosco E-O
- Salida 4: Av. José Ortega y Gasset N-S
- Salida 5: Av. 24 de Mayo E-O
- Salida 6: Paseo Río Yanuncay

La salida principal está sobre la Av. Fray Vicente Solano con 23%, por la Av. Primero de Mayo con sentido E-N y la Av. 24 de Mayo O-E tienen un porcentaje del 21% cada uno del total de salidas, en la Av. Don Bosco E-O hay un 16%, en la Av. José Ortega y Gasset hay un 11% y finalmente el Paseo Río Yanuncay tiene un 9%. Los resultados finales del volumen de Tránsito de la intersección nos indican el flujo vehicular que se debería priorizar al momento de generar soluciones en el tráfico afluente al área de influencia a la Universidad del Azuay.

Tabla 2.40 Resultados generales de salidas de la intersección 6

Salida 1: Av. Fray Vicente Solano S-N			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 1	60	1%	0%
Flujo 11	712	7%	2%
Flujo 17	1335	13%	3%
Flujo 21	1783	18%	4%
Flujo 27	2794	28%	6%
Flujo 30	3231	33%	7%
TOTAL	9915	100%	23%
Salida 2: Av. Primero de Mayo E-N			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 3	4604	52%	11%
Flujo 7	155	2%	0%
Flujo 13	3908	44%	9%
Flujo 23	18	0%	0%
Flujo 28	93	1%	0%
Flujo 33	149	2%	0%
TOTAL	8927	100%	21%
Salida 3: Av. Don Bosco E-O			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 4	2554	38%	6%

Flujo 8	66	1%	0%
Flujo 12	3826	57%	9%
Flujo 19	138	2%	0%
Flujo 29	80	1%	0%
Flujo 34	69	1%	0%
TOTAL	6734	100%	16%
Salida 4: Av. José Ortega y Gasset N-S			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 5	322	7%	1%
Flujo 9	67	1%	0%
Flujo 14	4108	83%	9%
Flujo 18	360	7%	1%
Flujo 25	78	2%	0%
Flujo 35	5	0%	0%
TOTAL	4940	100%	11%
Salida 5: Av. 24 de Mayo E-O			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 6	199	2%	0%
Flujo 10	67	1%	0%
Flujo 15	2268	25%	5%
Flujo 20	3219	36%	7%
Flujo 24	1618	18%	4%
Flujo 31	1637	18%	4%
TOTAL	9009	100%	21%

Salida 6: Av. Paseo Río Yanuncay			
FLUJO DE SALIDA	FLUJO TOTAL	% FLUJO (Salida)	% FLUJO (Intersección)
Flujo 2	3182	85%	7%
Flujo 16	396	11%	1%
Flujo 22	75	2%	0%
Flujo 26	61	2%	0%
Flujo 32	52	1%	0%
			0%
TOTAL	3766	100%	9%

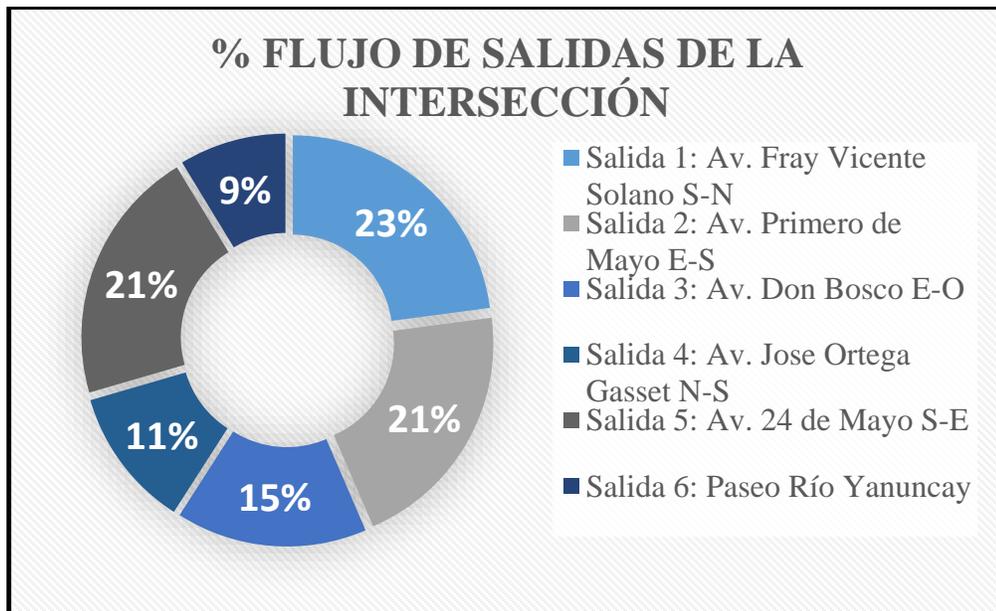


Figura 2.92 Porcentajes de flujo por salida de la intersección 6

2.6.3.2.5. Composición del tráfico

Como es evidente, el vehículo liviano es el principal actor dentro de la composición vehicular de la intersección con el 91%, seguido por los buses y los vehículos de dos

ruedas con el 3%, y finalmente el grupo vehicular de los camiones livianos, medianos y pesados tienen el 1% de la composición en la intersección.

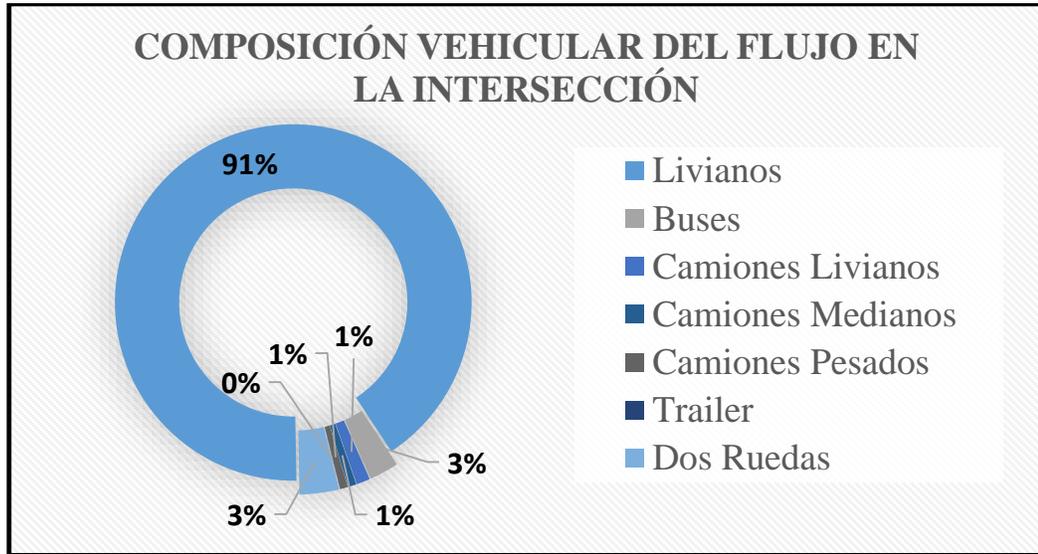


Figura 2.93 Porcentajes de composición de tráfico en la intersección 6

2.6.3.2.6. Variación horaria del flujo en la intersección

El período de análisis del comportamiento vehicular se estableció entre las 07H00 hasta las 19H00, la variación de los volúmenes vehiculares del total de la intersección inicia con 3525 vehículos entre las 07h00 y 08h00, luego sufre una baja entre las 09h00 y 10h00 de 3135 vehículos, para luego ascender llegando a un pico de 4173 vehículos entre las 12h30 y 13h00, ocurriendo una baja a 3186 vehículos entre las 14h00 y 15h00, de 17h00 a 18h00 existe un nuevo aseso de flujo en la intercesión que llega a 3900 y finalmente para el período de 18h00 a 19h00 el flujo desciende a 3676 vehículos.

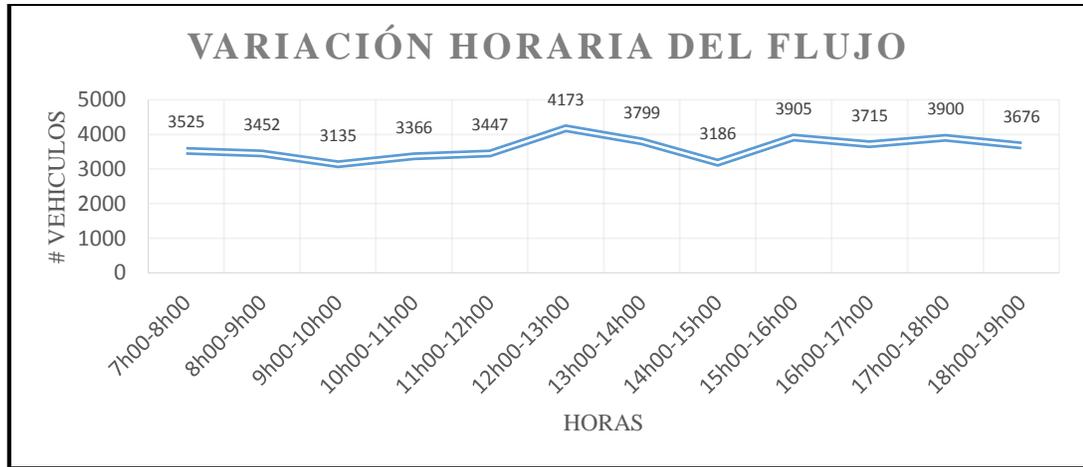


Figura 2.94 Variación horaria del flujo en la intersección 6

2.6.3.2.7. Micro simulación de la red

Para el cálculo de los parámetros de ingeniería de Tránsito obtenidos mediante una modelación microscópica de tránsito, se ha utilizado el software de planificación AIMSUN 8.1.3 versión expert, el cual se fundamenta en lo establecido por el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos HCM versión 2010.

Por las características geométricas de las vías en estudio, la demanda del tráfico motorizado en el estado actual levantada se ha determinado que de 12h30 – 13h30 es el período de la hora de máxima demanda.

Para el trazado de la red vial se ha realizado sobre el levantamiento topográfico realizado para garantizar la semejanza con la operación.

2.6.3.2.8. Variaciones en la hora de máxima demanda de los parámetros de tráfico

Tabla 2.41 Parámetros de tráfico en los accesos en la intersección 6

PARÁMETRO	ACCESOS					
	Acceso 1: Av. 24 Mayo	Acceso 2: Paseo Río Yanuncay	Acceso 3: Av. Fray Vicente Solano	Acceso 4: Av. Primero de Mayo	Acceso 5: Av. Don Bosco	Acceso 6: Av. José Ortega y Gasset
Nivel de Servicio	B	B	F	F	F	C
Demora	4.86	11.66	52.54	137.93	378.28	21.41
Cola	7	4.80	12	34.40	27.80	4
Volumen/Capacidad	0.64	0.14	0.55	0.57	0.23	0.28

Fuente: AIMSUN

Tabla 2.42 Parámetros de tráfico en las salidas en la intersección 6

PARÁMETRO	SALIDAS					
	Salida 1: Av. Fray Vicente Solano	Salida 2: Av. Primero de Mayo	Salida 3: Av. Don Bosco	Salida 4: Av. José Ortega Gasset	Salida 5: Av. 24 de Mayo	Salida 6: Av. Paseo Río Yanuncay
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A
Demora	0.29	0.09	0.21	0.38	1.28	0.14
Cola	0	0.2	0	0	0.20	0
Volumen/Capacidad	0.3	0.49	0.68	0.70	0.51	0.40

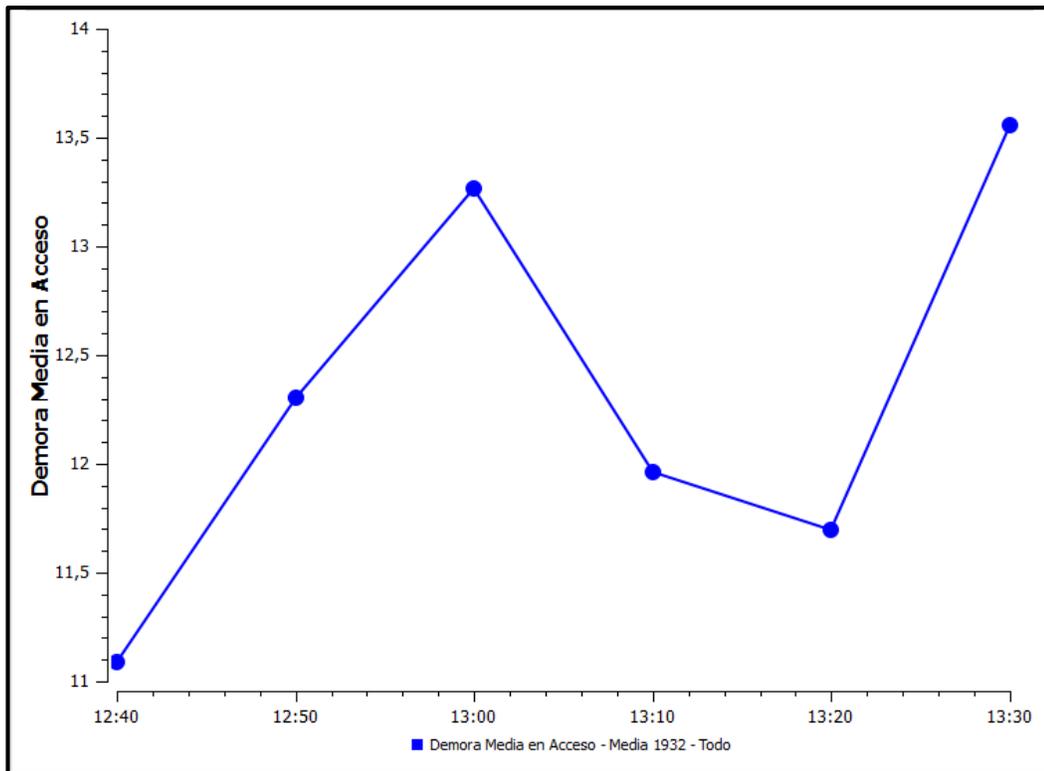


Figura 2.95 Tiempo de Demoras Situación actual Red Completa

Fuente: AIMSUN

CAPÍTULO 3

PROYECCIONES DEL TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES EN ESTUDIO Y PROPUESTAS DE REDISEÑO

3.1. PROYECCIONES

Para el análisis de proyecciones se ha establecido cinco escenarios propuestos:

- Escenario 1: Estado actual
- Escenario 2: mediano plazo 5 años
- Escenario 3: largo plazo 10 años
- Escenario 4: mediano plazo 5 años con mejoras operacionales.
- Escenario 5: largo plazo 10 años con mejoras operacionales.

Con el propósito de evaluar las condiciones operacionales para los Escenarios 2, 3, 4 y 5 es necesario establecer las tasas de crecimiento vehicular, que servirán para el establecimiento de las correspondientes proyecciones de la demanda.

En función a la información suministrada por el GAD Municipal de Cuenca, se han utilizado las tasas de crecimiento con las cuales se diseñó el Plan de Movilidad y Espacios Públicos, destacando que para el Escenario 2 se ha considerado los valores correspondientes al primer quinquenio (2020-2025) y para el Escenario 3 se ha considerado los valores correspondientes al segundo quinquenio (2025-2030) en lo referente a los vehículos motorizados.

Tabla 3.1 Tasas de crecimiento del parque automotor

Tipo vehículo	2015-2020	2020-2025	2025-2030	2030-2035	2035- 2040
Livianos	4.34	3.96	3.67	3.44	3.27
Buses	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83
Pesados	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83

Fuente: Dirección Municipal de Tránsito -Cuenca – Plan de Movilidad y Espacios Públicos

A continuación se presentara los resultados de las proyecciones realizadas con la metodología de la tasa de crecimiento.

3.1.1. Proyecciones a mediano plazo escenario 2

Con la metodología de la tasas de crecimiento expresada en el Capítulo 1 Marco Teórico sección 1.8.1.3., obtenemos un crecimiento a cinco años en los vehículos livianos de un 21.43% y vehículos pesados de 14.97% sobre la red vial en estudio.

3.1.2. Proyecciones a largo plazo escenario 3

Con la metodología de la tasas de crecimiento expresada en el Capítulo 1 Marco Teórico sección 1.8.1.3., obtenemos un crecimiento a diez años en los vehículos livianos de un 43.39% y vehículos pesados de 32.19% sobre la red vial en estudio.

3.1.3. Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en la Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero.

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, para los escenarios 2 y 3 de las cuales se obtendrá una media aritmética de cada escenario que nos proporcionara los datos para la comparación de los escenarios mencionados.

A continuación analizamos cada acceso:

- **Acceso 1:** el tiempo de demora se ha incrementado en los escenarios 2 y 3 pero el nivel de servicio B se mantiene en los dos escenarios, algo similar sucede con la cola al acceso que los valores tienen una alteración mínima, mientras que en la relación volumen/capacidad existe una variación considerable entre los escenarios lo que nos indica que el acceso no requiere mejoras.
- **Acceso 2:** para el escenario 2 y 3 el tiempo de demora se ha incrementado en un porcentaje mínimo lo que permite que su nivel de servicio y cola sea igual al escenario actual, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una pequeña variación y hace que las condiciones geométricas no necesiten mejoras para estos tiempos proyectados.
- **Acceso 3:** los parámetros de tránsito del escenario 2 y 3 en este acceso son similares al escenario 1.

- **Acceso 4:** en este acceso se puede notar una diferencia de parámetros considerable, para los tiempos de demoras existe un incremento, haciendo que el nivel de servicio del escenario 2 se mantenga en B pero no así el escenario 3 ya que su nivel de servicio se ve afectado a tipo C como se lo esperaba. La cola en los tres escenarios se mantiene en los mismos valores, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una variación notable ya que sus condiciones geométricas con el tráfico proyectado muestran que el acceso empieza a saturarse.

Tabla 3.2 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. Francisco Moscoso S-N	Acceso 2: Av. 27 de Febrero E-O	Acceso 3: Av. Francisco Moscoso N-S	Acceso 4: Av. 27 de Febrero O-E
	ESCENARIO 1: ACTUAL			
Nivel de Servicio	B	B	A	B
Demora	14.46	14.02	5.79	15.7
Cola	13.40	5	1.2	7
Volumen/Capacidad	0.86	0.48	0.18	0.62
	ESCENARIO 2: PROYECCIÓN 5 AÑOS			
Nivel de Servicio	B	B	A	B
Demora	17.03	13.86	5.67	19.14
Cola	15.50	5	1	7
Volumen/Capacidad	0.93	0.56	0.23	0.76
	ESCENARIO 3: PROYECCIÓN 10 AÑOS			
Nivel de Servicio	B	B	A	C
Demora	18.76	15.32	5.27	21.32
Cola	17.80	5	1	7
Volumen/Capacidad	0.75	0.53	0.22	0.65

3.1.4. Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en la Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi.

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, para los escenarios 2 y 3 de las cuales se obtendrá una media aritmética de cada

escenario que nos proporcionara los datos para la comparación de los escenarios mencionados.

A continuación analizamos cada acceso:

- **Acceso 1:** el tiempo de demora se ha incrementado mínimamente lo que en los escenarios 2 y 3 el nivel de servicio B se mantiene, algo similar sucede con la cola al acceso que los valores tienen una alteración mínima, mientras que en la relación volumen/capacidad existe una variación considerable entre los escenarios lo que nos indica que el acceso no requiere mejoras.
- **Acceso 2:** para el escenario 2 y 3 el tiempo de demora se ha incrementado en un porcentaje mínimo lo que permite que su nivel de servicio y cola sea igual al escenario actual, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una pequeña variación y hace que las condiciones geométricas no necesiten mejoras para estos tiempos proyectados.
- **Acceso 3:** los parámetros de tránsito del escenario 2 y 3 en este acceso son similares al escenario 1.

Tabla 3.3 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi

PARÁMETRO	ACCESOS		
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Subida a Turi	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E
	ESCENARIO 1 : ACTUAL		
Nivel de Servicio	A	A	A
Demora	6.42	5	5.33
Cola	5	1	3.8
Volumen/Capacidad	0.39	0.29	0.3
	ESCENARIO 2 : PROYECCION 5 AÑOS		
Nivel de Servicio	A	A	A
Demora	6.23	4.59	5.28
Cola	4.75	2	3.50
Volumen/Capacidad	0.47	0.36	0.26
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS		
Nivel de Servicio	A	A	A
Demora	6.48	8.46	4.99
Cola	4.60	16.60	4
Volumen/Capacidad	0.38	0.74	0.24

3.1.5. Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en la Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, de las cuales se obtendrá una media aritmética que nos proporcionara los datos para la comparación de escenarios.

A continuación analizamos cada acceso:

- **Acceso 1:** el tiempo de demora casi no cambia en los escenarios proyectados lo que hace que el nivel de servicio se mantenga en A, esto se da por ser una vía rápida, algo similar sucede con la su cola al acceso, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una pequeña variación y hace que las condiciones geométricas no necesiten mejoras para estos tiempos proyectados.
- **Acceso 2:** para el escenario 2 el tiempo de demora se ha incrementado en un porcentaje mínimo lo que permite que su nivel de servicio y cola sea igual al escenario actual, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una pequeña variación y hace que las condiciones geométricas no necesiten mejoras para estos tiempos proyectados.

Tabla 3.4 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo

PARÁMETRO	ACCESOS	
	Acceso 1: Vía Rápida Cuenca - Azogues	Acceso 2: Calle Hernán Malo
	ESCENARIO 1 : ACTUAL	
Nivel de Servicio	A	B
Demora	0.16	16.14
Cola	0.6	8.2
Volumen/Capacidad	0.39	0.35
	ESCENARIO 2 : PROYECCION 5 AÑOS	
Nivel de Servicio	A	B
Demora	0.19	18.10
Cola	0.50	8.25
Volumen/Capacidad	0.46	0.39
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS	

Nivel de Servicio	A	C
Demora	0.30	22.01
Cola	2.80	8.80
Volumen/Capacidad	0.52	0.33

3.1.6. Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en el Redondel de Gapal.

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, para los escenarios 2 y 3 de las cuales se obtendrá una media aritmética de cada escenario que nos proporcionara los datos para la comparación de los escenarios mencionados.

A continuación analizamos cada acceso:

- **Acceso 1:** el tiempo de demora se ha incrementado considerablemente en los escenarios 2 y 3 y sus niveles de servicio pasan de C a F en ambos escenarios, algo similar sucede con la cola al acceso que los valores tienen una alteración considerable, mientras que en la relación volumen/capacidad está en valores similares.
- **Acceso 2:** para el escenario 2 y 3 el tiempo de demora se ha incrementado lo que hace que el nivel de servicio para el escenario 1 se mantenga y no así en el escenario 3 que pasa de A a B, la cola se comporta igual al escenario actual, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una pequeña variación.
- **Acceso 3:** los parámetros de tránsito del escenario 2 y 3 en este acceso son similares al escenario 1.
- **Acceso 4:** en este acceso se puede notar una diferencia de parámetros considerable, para los tiempos de demoras existe un incremento, haciendo que el nivel de servicio del escenario 2 pase de A a C, y el escenario 3 cambia de A a D. La cola en los escenarios 2 y 3 sufren una alteración.

En esta intersección buscaremos plantear soluciones.

Tabla 3.5 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Redondel de Gapal

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Av. Gapal S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Gapal N-S
	ESCENARIO 1: ACTUAL			
Nivel de Servicio	C	A	A	A
Demora	19.88	3.22	0.12	10
Cola	4	3	0	3
Volumen/Capacidad	0.30	0.66	0.42	0.39
	ESCENARIO 2: PROYECCION 5 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	A	D	C
Demora	70.19	9.82	32.16	19.87
Cola	10.50	3	15	7.75
Volumen/Capacidad	0.33	0.68	0.46	0.46
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	B	F	D
Demora	62.58	12.81	55.36	25.34
Cola	11.40	3	15.40	8
Volumen/Capacidad	0.31	0.49	0.41	0.43

3.1.7. Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en el Redondel Universidad del Azuay.

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, para los escenarios 2 y 3 de las cuales se obtendrá una media aritmética de cada escenario que nos proporcionara los datos para la comparación de los escenarios mencionados.

A continuación analizamos cada acceso:

- **Acceso 1:** el tiempo de demora se ha incrementado considerablemente en los escenarios 2 y 3 y sus niveles de servicio pasan de E a F en ambos escenarios, algo similar sucede con la cola al acceso que los valores tienen una alteración considerable, mientras que en la relación volumen/capacidad esta en valores elevados lo que hace que este acceso necesite cambios y nuevas reformas.

- **Acceso 2:** para el escenario 2 y 3 el tiempo de demora se ha incrementado lo que hace que el nivel de servicio para el escenario 1 se mantenga y no así en el escenario 3 que pasa de A a C, la cola se comporta igual al escenario actual, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una pequeña variación.
- **Acceso 3:** los parámetros de tránsito del escenario 2 y 3 en este acceso son similares al escenario 1.
- **Acceso 4:** en este acceso no existe cambios considerables en los valores de los parámetros para los escenarios 2 y 3.

En esta intersección buscaremos plantear soluciones.

Tabla 3.6 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Redondel Universidad del Azuay

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Calle Hernán Malo S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Francisco Moscoso N-S
	ESCENARIO 1 : ACTUAL			
Nivel de Servicio	E	A	F	A
Demora	40.53	7.61	58.38	4.3
Cola	20	3.6	17.8	2
Volumen/Capacidad	0.98	0.22	0.35	0.36
	ESCENARIO 2 : PROYECCION 5 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	A	E	A
Demora	53.46	9.52	41.86	5.04
Cola	36	5.25	12	2
Volumen/Capacidad	1.10	0.27	0.33	0.45
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	C	F	A
Demora	104.61	15.95	96.31	6.79
Cola	105.40	12.40	21	6.20
Volumen/Capacidad	0.85	0.24	0.38	0.40

3.1.8. Análisis comparativo del Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 en el Redondel de los Tres Puentes.

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, para los escenarios 2 y 3 de las cuales se obtendrá una media aritmética de cada

escenario que nos proporcionara los datos para la comparación de los escenarios mencionados.

A continuación analizamos cada acceso:

- **Acceso 1:** el tiempo de demora se ha incrementado, el nivel de servicio para el escenario 2 se mantiene en B, pero no así con el escenario 3 que pasan a E, algo similar sucede con la cola al acceso que los valores tienen una alteración considerable, mientras que en la relación volumen/capacidad esta en valores similares.
- **Acceso 2:** para el escenario 2 y 3 el tiempo de demora se ha incrementado lo que hace que el nivel de servicio cambie a C para ambos escenarios, la cola se comporta igual al escenario actual, mientras que en su relación volumen/capacidad existe una pequeña variación.
- **Acceso 3:** los parámetros de tránsito del escenario 2 y 3 en este acceso son similares al escenario 1.
- **Acceso 4:** en este acceso se puede notar una diferencia de demoras considerable, para los tiempos de demoras existe un incremento, haciendo que el nivel de servicio del escenario 2 pase de A a C, y el escenario 3 cambia de A a D. La cola en los escenarios 2 y 3 sufren una alteración.

En esta intersección buscaremos plantear soluciones.

Tabla 3.7 Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3 Redondel de los Tres Puentes

PARÁMETRO	ACCESOS					
	Acceso 1: Av. 24 Mayo	Acceso 2: Paseo Rio Yanuncay	Acceso 3: Av. Fray Vicente Solano	Acceso 4: Av. Primero de Mayo	Acceso 5: Av. Don Bosco	Acceso 6: Av. José Ortega y Gasset
	ESCENARIO 1 : ACTUAL					
Nivel de Servicio	B	B	F	F	F	B
Demora	12.17	13.19	56.15	137.93	277.51	13.9
Cola	14.2	4.8	12.2	34.40	28.4	4
Volumen/Capacidad	0.62	0.15	0.58	0.57	0.31	0.3
	ESCENARIO 2 : PROYECCIÓN 5 AÑOS					
Nivel de Servicio	B	C	F	F	F	C

Demora	14.83	17.23	62.93	183.55	406.05	19.84
Cola	16.75	5	12	34.25	29.50	4
Volumen/Capacidad	0.76	0.18	0.50	0.53	0.22	0.35
ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS						
Nivel de Servicio	E	C	F	F	E	C
Demora	39.46	22.95	67.73	189.70	354.90	20.70
Cola	26	5.20	12.40	34.60	28.80	4
Volumen/Capacidad	0.67	0.20	0.44	0.49	0.23	0.38

3.2. PROPUESTAS DE REDISEÑO

Según los resultados presentados en la sección 3.1. de este documento, analizamos propuestas en las intersecciones que mayor conflicto tienen para las mejoras operacionales de tránsito.

3.2.1. Propuestas para mediano plazo.

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación, se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, para el escenario 2 y 4, de las cuales se obtendrá una media aritmética de cada escenario que nos proporcionara los datos para la comparación de los escenarios mencionados.

Es importante dar a conocer que, el ancho de los carriles de acceso a las intersecciones analizadas será de 3 metros de ancho en todos los casos propuestos. A continuación analizamos cada intersección.

3.2.1.1. Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero.

En esta intersección no es posible efectuar ningún cambio geométrico debido a sus condiciones topográficas, a continuación analizamos cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en B, el tiempo de demora disminuye, y aunque la cola aumenta al igual que la relación volumen/capacidad, no es en valores elevados que puedan llegar a causar en colapso vehicular.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en B, al igual que se mantiene la cola y la relación volumen/capacidad, a pesar de lo mencionado, el tiempo de demora aumenta significativamente y esto se debe al

tiempo semafórico que debería ser menor en este acceso, para evitar la congestión vehicular.

- **Acceso 3:** no existe una propuesta de mejora geométrica como tal, ya que las condiciones topográficas no lo permiten, sin embargo, una solución viable y rápida es prohibir el estacionamiento vehicular en este acceso, de esta manera habrá una mayor fluidez de vehículos, sin demoras por maniobras de estacionamiento y salida de los mismos. Al aplicar la solución mencionada, el nivel de servicio se mantiene en A, al igual que la relación volumen/capacidad. La cola y el tiempo de demora aumentan, pero hay que tomar en cuenta que este comportamiento es normal, debido a que con el tiempo aumenta también el número de vehículos en circulación.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de B a C, el tiempo de demora aumenta, la cola se mantiene y la relación volumen/capacidad, disminuye en un porcentaje mínimo.

Tabla 3.8 Escenario 2 vs Escenario 4 en Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. Francisco Moscoso S-N	Acceso 2: Av. 27 de Febrero E-O	Acceso 3: Av. Francisco Moscoso N-S	Acceso 4: Av. 27 de Febrero O-E
	ESCENARIO 2: PROYECCIÓN 5 AÑOS			
Nivel de Servicio	B	B	A	B
Demora	17.03	13.86	5.67	19.14
Cola	15.50	5	1	7
Volumen/Capacidad	0.93	0.56	0.23	0.76
	ESCENARIO 4: PROYECCIÓN 5 AÑOS CON MEJORAS			
Nivel de Servicio	B	B	A	C
Demora	16.19	19.10	6.91	25.31
Cola	17	5	2	7
Volumen/Capacidad	1.04	0.56	0.22	0.69

3.2.1.2. Intersección Av. 24 de Mayo y Subida a Turi

En esta intersección no es posible efectuar ningún cambio geométrico debido a sus condiciones topográficas, a continuación analizamos cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de A a B, el tiempo de demora aumenta, al igual que la cola, y la relación volumen/capacidad en un porcentaje mínimo, esto se debe a las mejoras que se propondrá realizar posteriormente en las intersecciones de Gapal y redondel de la Universidad del Azuay, donde existirá una mayor fluidez de vehículos, lo que ocasionará el resultado reflejado en la tabla.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en A, el tiempo de demora disminuye, la cola aumenta al igual que la relación volumen/capacidad.
- **Acceso 3:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en A, el tiempo de demora y la cola disminuyen, por las mejoras realizadas en el redondel de los tres puentes, las mismas que se mencionarán posteriormente, y la relación volumen/capacidad, aumenta.

Tabla 3.9 Escenario 2 vs Escenario 4 Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi

PARÁMETRO	ACCESOS		
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Subida a Turi	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E
	ESCENARIO 2 : PROYECCIÓN 5 AÑOS		
Nivel de Servicio	A	A	A
Demora	6.23	4.59	5.28
Cola	4.75	2	3.50
Volumen/Capacidad	0.47	0.36	0.26
	ESCENARIO 4 : PROYECCIÓN 5 AÑOS CON MEJORAS		
Nivel de Servicio	B	A	A
Demora	13.40	1.01	1.36
Cola	5.40	5.40	0.20
Volumen/Capacidad	0.50	0.70	1.39

3.2.1.3. Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.

En esta intersección no es posible efectuar ningún cambio geométrico debido a sus condiciones topográficas, a continuación analizamos cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en A, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, también se mantienen.
- **Acceso 2:** al ser un flujo libre la vía rápida Cuenca – Azogues, hace que los parámetros de nivel de servicio cambie de B a D, tiempo de demora, cola y relación volumen/capacidad, se incrementen, debido a que los vehículos tienen mayor dificultad de ingresar a la intersección.

Tabla 3.10 Escenario 2 vs Escenario 4 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo

PARÁMETRO	ACCESOS	
	Acceso 1: Vía Rápida Cuenca – Azogues	Acceso 2: Calle Hernán Malo
	ESCENARIO 2 : PROYECCION 5 AÑOS	
Nivel de Servicio	A	B
Demora	0.19	18.10
Cola	0.50	8.25
Volumen/Capacidad	0.46	0.39
	ESCENARIO 4 : PROYECCION 5 AÑOS CON MEJORAS	
Nivel de Servicio	A	D
Demora	0.19	29.17
Cola	0.80	16.20
Volumen/Capacidad	0.46	0.46

3.2.1.4. Intersección Gapal

En esta intersección de acuerdo a su topografía, se propone eliminar el redondel, crear un tercer carril de 45 metros de longitud en el acceso 3 y semaforizar el lugar, con un tiempo de ciclo de 125 segundos dividido en 4 fases, con un tiempo de ambar de 3 segundos y de todo rojo de 1 segundo. La fase uno con movimientos permitidos sobre la Av. 24 de Mayo con sentidos Este – Oeste y viceversa, y giros a la derecha con una duración de 45 segundos para los accesos 1 y 3. La fase dos con movimientos permitidos

sobre la Av. 24 de Mayo únicamente con giros hacia la izquierda, con duración de 20 segundos para los accesos 1 y 3. La fase tres con movimientos permitidos sobre la Av. Gapal con sentidos Norte – Sur y viceversa, y giros a la derecha con una duración de 35 segundos para los accesos 2 y 4. La fase cuatro con movimientos permitidos sobre la Av. Gapal únicamente con giros hacia la izquierda, con duración de 25 segundos para los accesos 2 y 4. A continuación analizamos cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en F, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, aumentan.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de A a C, el tiempo de demora y la cola, aumentan, mientras que la relación volumen/capacidad, disminuye.
- **Acceso 3:** con el tiempo el nivel de servicio pasa de D a E, el tiempo de demora y la relación volumen/capacidad aumentan, mientras que la cola disminuye.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de C a E, el tiempo de demora aumenta, y la cola aumentan, mientras que la relación volumen/capacidad, disminuye en un porcentaje mínimo.

Tabla 3.11 Escenario 2 vs Escenario 4 Intersección Gapal

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Av. Gapal S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Gapal N-S
	ESCENARIO 2 : PROYECCION 5 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	A	D	C
Demora	70.19	9.82	32.16	19.87
Cola	10.50	3	15	7.75
Volumen/Capacidad	0.33	0.68	0.46	0.46
	ESCENARIO 4 : PROYECCION 5 AÑOS CON MEJORAS			
Nivel de Servicio	F	C	E	E
Demora	87.85	23.88	44.44	42.34
Cola	15.20	4	11	9.20
Volumen/Capacidad	0.50	0.40	0.53	0.45

Esquema de propuesta de la intersección:

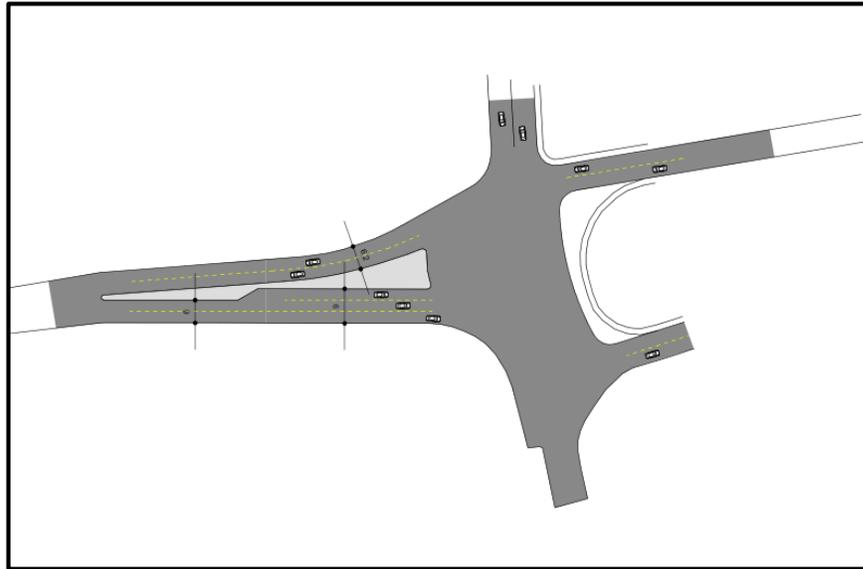


Figura 3.1 Propuesta de rediseño Intersección Gapal

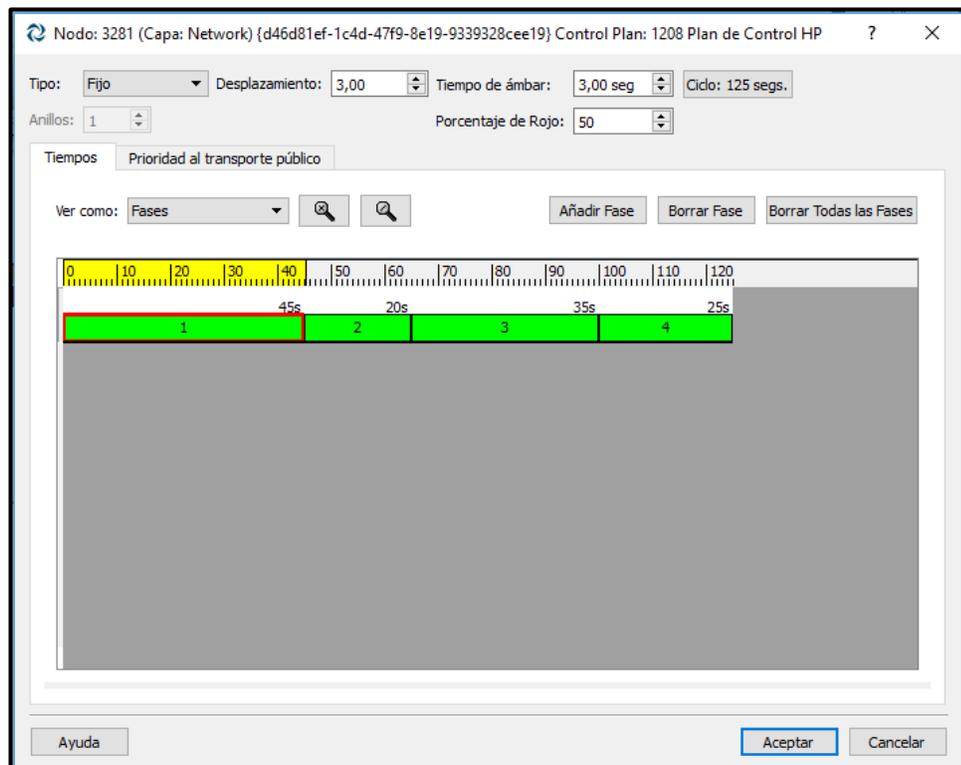


Figura 3.2 Fases semafóricas propuestas en la intersección Gapal

3.2.1.5. Intersección Universidad del Azuay

En esta intersección de acuerdo a su topografía, se propone eliminar el redondel y semaforizar el lugar, de tal manera que, en la Av. 24 de Mayo existan dos carriles Este – Oeste y viceversa, además, en el acceso 1 construir un tercer carril para permitir la circulación hacia la Av. Francisco Moscoso, esto se lograría implementando el carril mencionado sobre el área del parqueadero municipal. En el acceso 2 se restringirá el parqueo de vehículos para que estos, puedan circular en doble carril y aumentar la capacidad de la vía. En el acceso 3 a más de lo propuesto anteriormente, se creará un carril de 15 metros de longitud que permita giros hacia la izquierda. En el acceso 4 se construirá un carril para que los vehículos puedan girar hacia la Av. 24 de Mayo.

El ciclo semafórico para la intersección es de 145 segundos dividido en 4 fases, con un tiempo de ambar de 3 segundos y de todo rojo 1 segundo. La fase uno con movimientos permitidos sobre la Av. 24 de Mayo con sentidos Este – Oeste y viceversa, y giros a la derecha con una duración de 40 segundos para los accesos 1 y 3. La fase dos con movimientos permitidos sobre la Av. 24 de Mayo únicamente con giros hacia la izquierda, con duración de 28 segundos para los accesos 1 y 3. La fase tres con movimientos permitidos sobre la Av. Francisco Moscoso y Calle Hernán Malo con sentidos Norte – Sur y viceversa, y giros a la derecha con una duración de 30 segundos para los accesos 2 y 4. La fase cuatro con movimientos permitidos sobre la Av. Francisco Moscoso y Calle Hernán Malo únicamente con giros hacia la izquierda, con duración de 40 segundos para los accesos 2 y 4. A continuación analizamos cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en F, el tiempo de demora aumenta, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de A a F, el tiempo de demora y la cola, aumentan, mientras que la relación volumen/capacidad, disminuye.
- **Acceso 3:** con el tiempo el nivel de servicio pasa de E a F, el tiempo de demora y la relación volumen/capacidad aumentan, mientras que la cola disminuye.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de A a E, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, aumentan.

Tabla 3.12 Escenario 2 vs Escenario 4 intersección Universidad del Azuay

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Calle Hernán Malo S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Francisco Moscoso N-S
	ESCENARIO 2 : PROYECCION 5 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	A	E	A
Demora	53.46	9.52	41.86	5.04
Cola	36	5.25	12	2
Volumen/Capacidad	1.10	0.27	0.33	0.45
	ESCENARIO 4 : PROYECCION 5 AÑOS CON MEJORAS			
Nivel de Servicio	F	F	F	E
Demora	75.55	66.96	58.53	40.06
Cola	19.80	12.80	11.80	9.80
Volumen/Capacidad	0.40	0.26	0.46	0.89

Esquema de propuesta de la intersección:

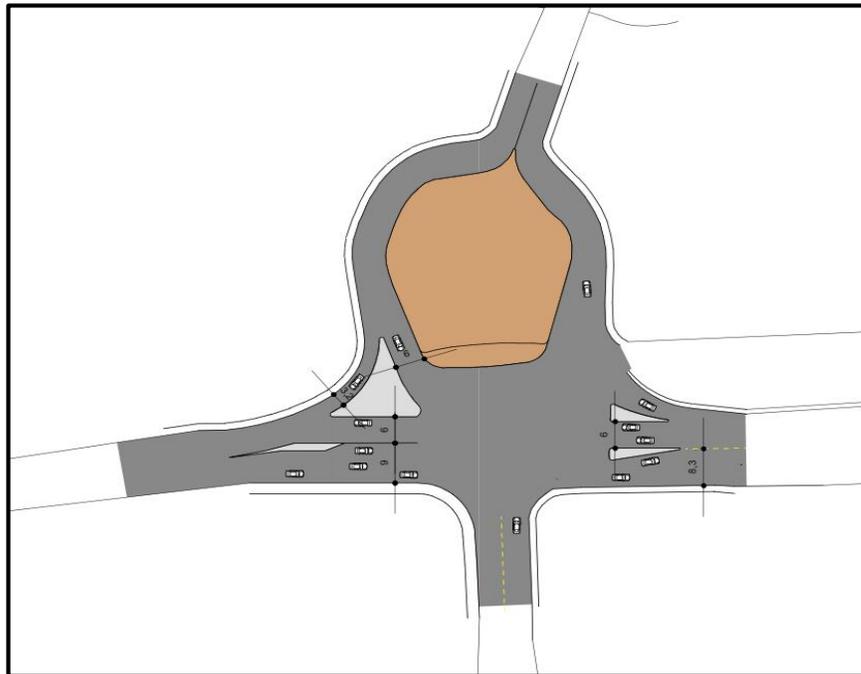


Figura 3.3 Propuesta de rediseño Intersección Universidad del Azuay

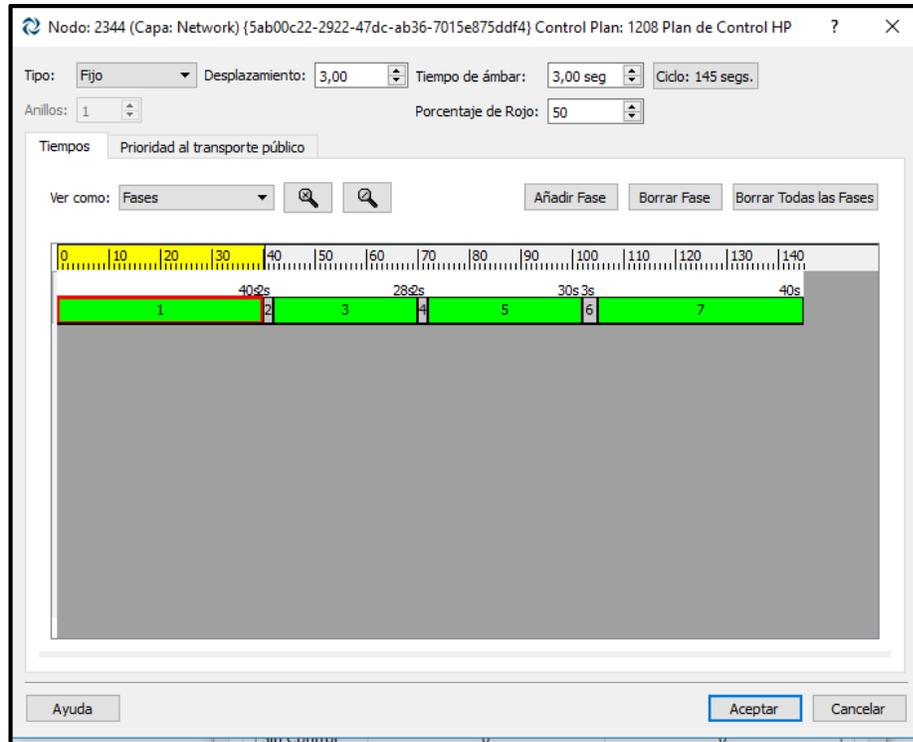


Figura 3.4 Fases semafóricas propuestas en la intersección Universidad del Azuay

Fuente: AMSUN

3.2.1.6. Redondel de los Tres Puentes

En esta intersección de acuerdo a su topografía, se propone construir un paso deprimido desde la Av. 24 de Mayo con dirección hacia la Av. Primero de Mayo y Av. Don Bosco. En el acceso 1 convertir la vía en tres carriles, para que el izquierdo sirva de entrada directa al paso deprimido, y los otros dos sean para circular hacia el redondel. En el acceso 4, convertir la vía en dos carriles. En el acceso 5 se reducirá el carril de entrada a 3 metros, para ajustar la salida del paso deprimido y salida del redondel. A continuación analizamos cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en B, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en C, el tiempo de demora y la cola, aumentan, mientras que la relación volumen/capacidad, disminuye.

- **Acceso 3:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en F, el tiempo de demora disminuye, la cola y la relación volumen/capacidad aumentan.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de F a A, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 5:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de F a D, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 6:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de C a B, el tiempo de demora y la relación volumen/capacidad, disminuyen, y la cola aumenta en un porcentaje bajo.

Tabla 3.13 Escenario 2 vs Escenario 4 Redondel de los Tres Puentes

PARÁMETRO	ACCESOS					
	Acceso 1: Av. 24 Mayo	Acceso 2: Paseo Rio Yanuncay	Acceso 3: Av. Fray Vicente Solano	Acceso 4: Av. Primero de Mayo	Acceso 5: Av. Don Bosco	Acceso 6: Av. José Ortega y Gasset
	ESCENARIO 2 : PROYECCION 5 AÑOS					
Nivel de Servicio	B	C	F	F	F	C
Demora	14.83	17.23	62.93	183.55	406.05	19.84
Cola	16.75	5	12	34.25	29.50	4
Volumen/Capacidad	0.76	0.18	0.50	0.53	0.22	0.35
	ESCENARIO 4 : PROYECCION 5 AÑOS CON MEJORAS					
Nivel de Servicio	B	C	F	A	D	B
Demora	11.48	20.12	55.69	5.03	30.55	12.52
Cola	3.20	7	13.40	5.40	3	4.20
Volumen/Capacidad	0.50	0.16	0.60	0.38	0.20	0.23

Esquema de propuesta de la intersección:

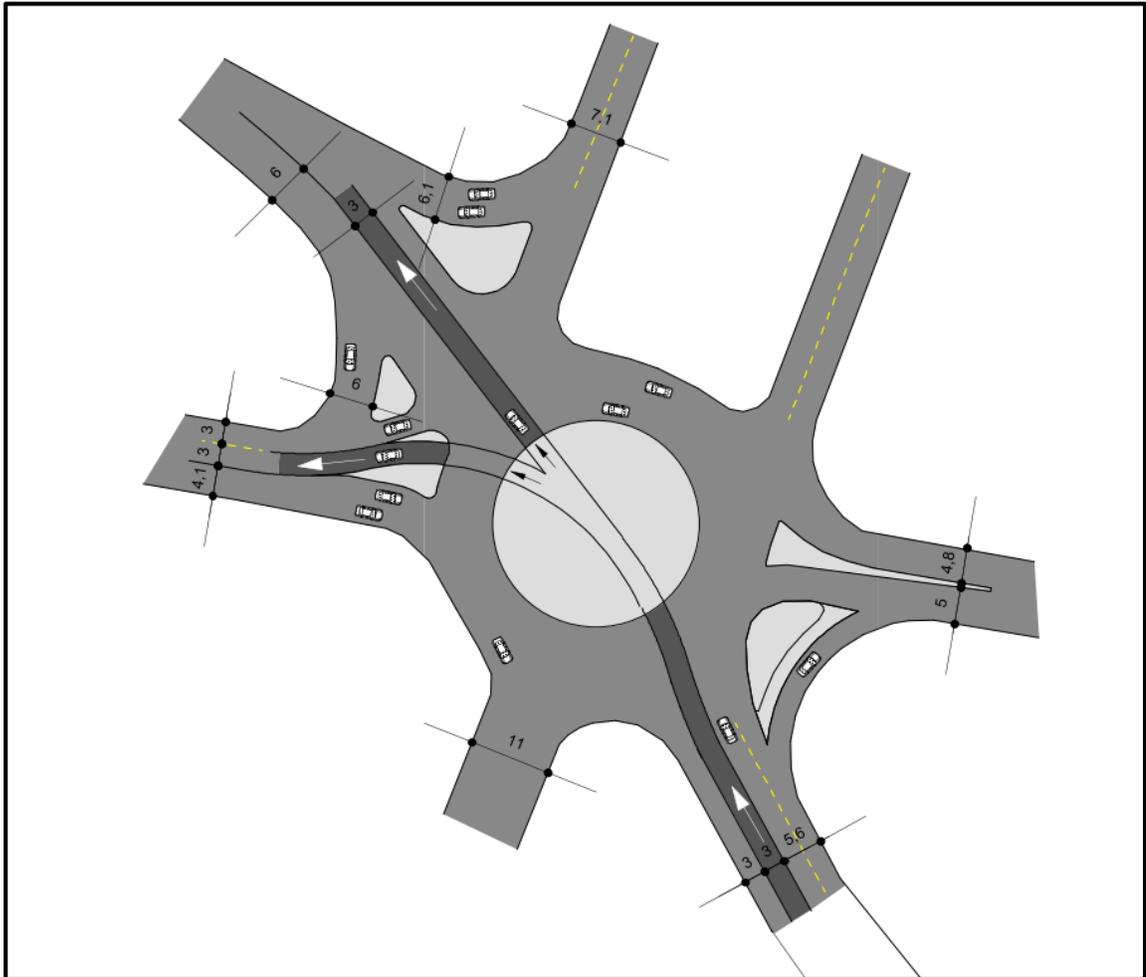


Figura 3.5 Propuesta de rediseño Intersección Redondel de los Tres Puentes

3.2.2. Propuestas para largo plazo

Con el propósito de garantizar que la información generada en base al modelo de micro simulación, se ha trabajado con un escenario estocástico conformado de 5 replicaciones, para el escenario 3 y 5, de las cuales se obtendrá una media aritmética de cada escenario que nos proporcionara los datos para la comparación de los escenarios mencionados.

Es importante dar a conocer que, las mejoras realizadas para la proyección a cinco años con mejoras mencionadas en la sección 3.2.1. se mantendrán para este período 5 -10 años.

3.2.2.1. Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero.

A continuación analizamos los parámetros de cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio cambia de B a C, esto ocurre debido al aumento de porcentaje vehicular proyectad para este período, el tiempo de demora aumenta, y aunque la cola aumenta al igual que la relación volumen/capacidad, ya son valores elevados que puedan llegar a causar en colapso vehicular.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio cambia de B a C, al igual que se mantiene la cola y la relación volumen/capacidad, a pesar de lo mencionado, el tiempo de demora aumenta significativamente y esto se debe al tiempo semafórico que debería ser menor en este acceso, para evitar la congestión vehicular.
- **Acceso 3:** no existe una propuesta de mejora geométrica como tal, ya que las condiciones topográficas no lo permiten, sin embargo, una solución viable y rápida es prohibir el estacionamiento vehicular en este acceso, de esta manera habrá una mayor fluidez de vehículos, sin demoras por maniobras de estacionamiento y salida de los mismos. Al aplicar la solución mencionada, el nivel de servicio se mantiene en A, al igual que la relación volumen/capacidad. La cola y el tiempo de demora aumentan, pero hay que tomar en cuenta que este comportamiento es normal, debido a que con el tiempo aumenta también el número de vehículos en circulación.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en C, el tiempo de demora aumenta, la cola se mantiene y la relación volumen/capacidad, aumenta en un porcentaje mínimo.

Tabla 3.14 Escenario 3 vs Escenario 5 en Intersección Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. Francisco Moscoso S-N	Acceso 2: Av. 27 de Febrero E-O	Acceso 3: Av. Francisco Moscoso N-S	Acceso 4: Av. 27 de Febrero O-E
	ESCENARIO 3: PROYECCION 10 AÑOS			
Nivel de Servicio	B	B	A	C
Demora	18.76	15.32	5.27	21.32
Cola	17.80	5	1	7
Volumen/Capacidad	0.75	0.53	0.22	0.65
	ESCENARIO 5: PROYECCION 10 AÑOS CON MEJORAS			
Nivel de Servicio	C	C	A	C
Demora	22.78	22.44	8.21	27.05
Cola	20	5	2	7
Volumen/Capacidad	1.16	0.60	0.27	0.67

3.2.2.2. Intersección Av. 24 de Mayo y Subida a Turi

A continuación analizamos los parámetros de cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de A a C, el tiempo de demora aumenta, al igual que la cola, y la relación volumen/capacidad en un porcentaje mínimo, esto se debe a las mejoras que se propondrá realizar posteriormente en las intersecciones de Gapal y redondel de la Universidad del Azuay, donde existirá una mayor fluidez de vehículos, lo que ocasionará el resultado reflejado en la tabla.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en A, el tiempo de demora disminuye, la cola disminuye al igual que la relación volumen/capacidad, debido a que se tiene mayor fluidez vehicular en las otras intersecciones analizadas del presente estudio.
- **Acceso 3:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en A, el tiempo de demora y la cola disminuyen, por las mejoras realizadas en el redondel de los tres puentes, las mismas que se mencionarán posteriormente, y la relación volumen/capacidad, aumenta.

Tabla 3.15 Escenario 3 vs Escenario 5 Intersección Av. 24 de Mayo y Subida Turi

PARÁMETRO	ACCESOS		
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Subida a Turi	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS		
Nivel de Servicio	A	A	A
Demora	6.48	8.46	4.99
Cola	4.60	16.60	4
Volumen/Capacidad	0.38	0.74	0.24
	ESCENARIO 5 : PROYECCION 10 AÑOS CON MEJORAS		
Nivel de Servicio	C	A	A
Demora	29.05	2.12	4.57
Cola	5.80	2	3.80
Volumen/Capacidad	0.47	0.42	0.42

3.2.2.3. Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo.

A continuación analizamos los parámetros de cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en A, el tiempo de demora y la cola disminuyen, y la relación volumen/capacidad, también se mantienen.
- **Acceso 2:** al ser un flujo libre la vía rápida Cuenca – Azogues, hace que los parámetros de nivel de servicio cambie de C a E, tiempo de demora, cola y relación volumen/capacidad, se incrementen, debido a que los vehículos tienen mayor dificultad de ingresar a la intersección.

Tabla 3.16 Escenario 3 vs Escenario 5 Intersección Vía Rápida Cuenca - Azogues y Calle Hernán Malo

PARÁMETRO	ACCESOS	
	Acceso 1: Vía Rápida Cuenca - Azogues	Acceso 2: Calle Hernán Malo
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS	
Nivel de Servicio	A	C
Demora	0.30	22.01
Cola	2.80	0.33

Volumen/Capacidad	0.52	0.33
	ESCENARIO 5 : PROYECCION 10 AÑOS CON MEJORAS	
Nivel de Servicio	A	E
Demora	0.22	42.02
Cola	0.80	20.40
Volumen/Capacidad	0.54	0.48

3.2.2.4. Intersección Gapal

A continuación analizamos los parámetros de cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en F, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, aumentan.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de B a C, el tiempo de demora disminuye, la cola, aumentan, mientras que la relación volumen/capacidad, disminuye.
- **Acceso 3:** con el tiempo el nivel de servicio pasa de F a E, el tiempo de demora y la cola disminuye, mientras que la relación volumen/capacidad aumenta.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en D, el tiempo de demora aumenta, y la cola aumentan, mientras que la relación volumen/capacidad, aumenta en un porcentaje mínimo.

Tabla 3.17 Escenario 3 vs Escenario 5 Intersección Gapal

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Av. Gapal S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Gapal N-S
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	B	F	D
Demora	62.58	12.81	55.36	25.34
Cola	11.40	3	15.40	8
Volumen/Capacidad	0.31	0.49	0.41	0.43
	ESCENARIO 5 : PROYECCION 10 AÑOS CON MEJORAS			
Nivel de Servicio	F	C	E	D
Demora	88.66	22.21	53.26	43.68
Cola	15	4	12	9.80
Volumen/Capacidad	0.51	0.46	0.58	0.48

3.2.2.5. Intersección Universidad del Azuay

A continuación analizamos los parámetros de cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en F, el tiempo de demora aumenta, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de C a E, el tiempo de demora y la cola, aumentan, al igual que la relación volumen/capacidad.
- **Acceso 3:** con el tiempo el nivel de servicio se mantiene en F, el tiempo de demora y la relación volumen/capacidad aumentan, mientras que la cola disminuye.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de A a E, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, aumentan.

Tabla 3.18 Escenario 3 vs Escenario 5 intersección Universidad del Azuay

PARÁMETRO	ACCESOS			
	Acceso 1: Av. 24 de Mayo E-O	Acceso 2: Calle Hernán Malo S-N	Acceso 3: Av. 24 de Mayo O-E	Acceso 4: Av. Francisco Moscoso N-S
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS			
Nivel de Servicio	F	C	F	A
Demora	104.61	15.95	96.31	6.79
Cola	105.40	12.40	21	6.20
Volumen/Capacidad	0.85	0.24	0.38	0.40
	ESCENARIO 5 : PROYECCION 10 AÑOS CON MEJORAS			
Nivel de Servicio	F	E	F	E
Demora	109.26	74.58	91.93	54.80
Cola	21.40	15.20	17.80	10
Volumen/Capacidad	0.43	0.31	0.51	0.42

3.2.2.6. Redondel de los Tres Puentes

A continuación analizamos los parámetros de cada acceso.

- **Acceso 1:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de E a C, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 2:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en C, el tiempo de demora y la cola, aumentan, mientras que la relación volumen/capacidad, se mantiene igual.
- **Acceso 3:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de E a F, el tiempo de demora disminuye, la cola y la relación volumen/capacidad aumentan.
- **Acceso 4:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio pasa de E a A, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 5:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en E, el tiempo de demora, la cola y la relación volumen/capacidad, disminuyen.
- **Acceso 6:** con el tiempo se observa que el nivel de servicio se mantiene en C, el tiempo de demora y la relación volumen/capacidad, disminuyen, y la cola aumenta en un porcentaje bajo.

Tabla 3.19 Escenario 2 vs Escenario 4 Redondel de los Tres Puentes

PARÁMETRO	ACCESOS					
	Acceso 1: Av. 24 Mayo	Acceso 2: Paseo Rio Yanuncay	Acceso 3: Av. Fray Vicente Solano	Acceso 4: Av. Primero de Mayo	Acceso 5: Av. Don Bosco	Acceso 6: Av. José Ortega y Gasset
	ESCENARIO 3 : PROYECCION 10 AÑOS					
Nivel de Servicio	E	C	E	E	E	C
Demora	39.46	22.95	67.73	189.70	354.90	20.70
Cola	26	5.20	12.40	34.60	28.80	4
Volumen/Capacidad	0.67	0.20	0.44	0.49	0.23	0.38
	ESCENARIO 5 : PROYECCION 10 AÑOS CON MEJORAS					
Nivel de Servicio	C	C	F	A	E	C
Demora	18.98	27.15	52.92	8.99	38.87	16.96
Cola	5	7	13.20	8.40	3	5.60
Volumen/Capacidad	0.52	0.20	0.62	0.44	0.22	0.27

CONCLUSIONES

- Luego de la recopilación de datos y conteo vehicular, para el desarrollo del presente documento, se analizó el estado actual de las intersecciones en estudio, obteniendo parámetros que nos indicaron el funcionamiento operativo de la red. Los resultados obtenidos fueron: tráfico promedio diario anual (TPDA) y hora de máxima demanda (HMD), determinando que la gran afluencia vehicular va desde o hacia la Universidad del Azuay, Unidad Educativa La Asunción y CEIAP, y obteniendo, mediante aforos vehiculares de toda la red convertidos a vehículos livianos equivalentes, que las horas de máxima demanda de la red de estudio, son de 07:00 a 08:00 horas y de 12:30 a 13:30 horas, siendo ésta última, la que se tomó como referente, ya que es donde una falta de distribución de tráfico origina un mayor congestionamiento vehicular.
- Los datos mencionados anteriormente, han permitido generar una matriz origen – destino, con un proceso de iteración para poder ingresar a la plataforma de simulación AIMSUN 8.1.0. El resultado de la calibración del estado actual tuvo un valor de 96%, lo cual indica que los datos están casi 100% asemejados a la realidad. Además, se pudo obtener el tiempo de demora, colas y relación volumen/capacidad, parámetros que, sirvieron para determinar el nivel de servicio de cada intersección de la red. Algunas de estas intersecciones, se encuentran saturadas como los redondeles de los Tres Puentes, Universidad del Azuay y el de Gapal, generando congestionamiento a las demás intersecciones del área de influencia de estudio.
- Las propuestas de rediseño en las intersecciones que afectan a la zona, son las siguientes:
 - **Intersección Gapal:** eliminar el redondel, crear un tercer carril de 45 metros de longitud en el acceso 3 y semaforizar la intersección, con un tiempo de ciclo de 125 segundos dividido en 4 fases, con un tiempo de ambar de 3 segundos y de todo rojo de 1 segundo. Ver Figura 3.1, pag. 175.
 - **Intersección Universidad del Azuay:** eliminar el redondel y semaforizar el lugar, de tal manera que, en la Av. 24 de Mayo existan dos carriles Este – Oeste y viceversa, además, en el acceso 1 construir un tercer carril para permitir la circulación hacia la Av. Francisco Moscoso, esto se lograría implementando el

carril mencionado, sobre el área del parqueadero municipal. En el acceso 2 se restringirá el parqueo de vehículos para que estos, puedan circular en doble carril y aumentar la capacidad de la vía. En el acceso 3 se creará un carril de 15 metros de longitud que permita giros hacia la izquierda. En el acceso 4 se construirá un carril para que los vehículos puedan girar hacia la Av. 24 de Mayo. El ciclo semafórico para la intersección es de 145 segundos dividido en 4 fases, con un tiempo de ambar de 3 segundos y de todo rojo 1 segundo. Ver Figura 3.3, pag. 177.

- **Redondel de los Tres Puentes:** construir un paso deprimido desde la Av. 24 de Mayo con dirección hacia la Av. Primero de Mayo y Av. Don Bosco. En el acceso 1 convertir la vía en tres carriles, para que el izquierdo sirva de entrada directa al paso deprimido, y los otros dos sean para circular hacia el redondel. En el acceso 4, convertir la vía en dos carriles. En el acceso 5 se reducirá el carril de entrada a 3 metros, para ajustar la salida del paso deprimido y salida del redondel. Ver Figura 3.5, pag. 180.

Es importante aclarar que éstas propuestas de rediseño, servirán para los escenarios 4 y 5, ya que en la plataforma de simulación AINSUM 8.1.0 los datos proyectados demostraron que con el tiempo, si bien aumenta el número de vehículos en circulación, no es necesario realizar una nueva propuesta de mejora.

En las intersecciones: Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de Febrero, Av. 24 de mayo y Subida a Turi, y Vía Rápida Cuenca – Azogues y calle Hernán Malo, no es posible efectuar ningún cambio o propuesta de rediseño, debido a sus condiciones topográficas. Sin embargo, la única excepción sería que en la Av. Francisco Moscoso N-S, se prohíba el parqueo de vehículos, para que de esta manera se pueda contar con doble carril y mayor capacidad.

RECOMENDACIONES

Se deberá tomar en cuenta que el rediseño propuesto, es un trabajo teórico basado en el estado de cada intersección, por lo que, para efectuar los rediseños antes mencionados, se requiere hacer un estudio que analice también los costos, y así determinar si es factible o no.

BIBLIOGRAFÍA

- Angel, G., & Oscar, M. (2015). *Analisi del nivel de servicio y capacidad vehicular de las intersecciones* .
- Cal y Myor, & Cárdenas G. (2007). *Ingeniería de Tránsito*. México.
- Gómez Johnson, R. C. (2004). *Libro Guia de Ingeniería de Tráfico*. Cochabamba.
- HCM. (2000). Highway Capacity Manual 2000. USA.
- HCM. (2010). Highway Capacity Manual 2010. USA.
- Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, en el Capítulo 3 – Tráfico de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras Nevi 2012.
- Aguirre, Maita (2014). “Evaluación del estado actual y diseño semafórico de la Avenida Unidad Nacional entre Avenida México y Calle del Batán (longitud = 1050 m) en la ciudad de Cuenca”.
- Moyano, C. (2016). *Estudio del proyecto de micro red peatonal del Centro Histórico la ciudad Cuenca - Ecuador*.
- Valencia Alaix, V. (2000). Principios sobre semáforos. Colombia, Medellín: Facultad Nacional de Minas.
- México. Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. (2003). Manual Normativo Tomo x190 - Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito. México: SEDESOL.
- Martínez A., M. E. (2012). *Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al manual de capacidad HCM 2000*. México: -.
- Mozo Sánchez, J. (2011). *Análisis de Nivel de Servicio y Capacidad de Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Trenzados y Rampas de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 aplicando MathCad*. México.