

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE UN MODELO DE SIMULACIÓN MICROSCÓPICA
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE LOS CICLOS DE
LOS SEMÁFOROS EN ZONAS CONGESTIONADAS DE LA RED
DE TRÁFICO URBANO DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

GABRIELA MAMANI CHOQUE

Proyecto de Ingeniería Civil II CIV – 502 presentado a consideración de la
UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO, como requisito para
optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II - 2018

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A toda mi familia de Brasil, se los extraña demasiado. Para mi hermanita Pikus y mi cuñado Moico. Y por supuesto para la persona más incondicional que tengo, Pinchecito y mi pequeño retoño, Junior.

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN Página

1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Planteamiento del problema.....	5
1.3.1.	Situación problemática.....	5
1.3.2.	El problema.....	7
1.4.	Objetivos.....	8
1.4.1.	Objetivo general.....	8
1.4.2.	Objetivos específicos.....	8
1.5.	Diseño metodológico.....	9
1.5.1.	Población.....	12
1.5.2.	Muestra.....	12
1.5.3.	Componentes y medios.....	12
1.5.4.	Métodos y técnicas.....	12
1.6.	Alcance.....	13

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Página

2.1.	Estudio de tráfico.....	16
2.1.1.	Estudio de volúmenes de tráfico.....	16
2.1.1.1.	Aforo: método manual.....	16
2.1.2.	Estudio de velocidades.....	18
2.1.2.1.	Velocidades máximas de los vehículos.....	19

2.1.2.2.	Velocidades mínimas de los vehículos	19
2.1.2.3.	Velocidad media de viaje.....	19
2.1.3.	Congestionamiento del tránsito	19
2.1.3.1.	Causas de congestión vehicular	20
2.1.3.2.	La congestión y su relación con los semáforos.....	21
2.1.4.	Longitudes de cola de los vehículos.....	22
2.1.5.	Demoras	23
2.1.6.	Niveles de servicio	24
2.1.7.	Dispositivos para el control de tránsito.....	26
2.1.7.1.	Tipos de semáforos	27
2.1.7.2.	Repartición de tiempos de un semáforo.....	30
2.1.7.3.	Ventajas y desventajas de los semáforos	32
2.2.	Teoría de simulación	33
2.2.1.	Modelo y sistema	33
2.2.2.	Modelación del tráfico	33
2.2.2.1.	Tipos de modelación del tráfico.....	34
2.2.3.	Microsimulación de tráfico	36
2.2.3.1.	Nivel de aleatoriedad en el flujo del tráfico.....	36
2.2.3.2.	Número de semilla	36
2.2.3.3.	Número de corridas.....	36
2.2.3.4.	Warm up (tiempo de estabilidad).....	39
2.2.3.5.	Interacción de vehículos	40
2.2.4.	Calibración del modelo	40
2.2.5.	Validación del modelo	42

2.2.6.	Softwares de simulación más utilizadas.....	43
2.3.	VISSIM (VERKEHR IN STÄDTEN SIMULATION) Software de Microsimulación	44
2.3.1.	Antecedentes del Vissim.....	45
2.3.2.	Funcionamiento del Vissim	45
2.3.3.	Modelos con los que opera Vissim	45
2.3.3.1.	Modelo de seguimiento vehicular.....	45
2.3.3.2.	Modelo de cambio de carril	48
2.3.3.3.	Modelo de comportamiento lateral	49
2.3.3.4.	Procesamiento para optimizar la programación semafórica	50
2.3.4.	Componentes del Vissim	52
2.3.5.	Procesamiento de datos en Vissim.....	52
2.3.6.	Alcances del Vissim.....	53
2.3.7.	Beneficios y utilidades del Vissim.....	54
2.3.7.1.	Análisis operacional.....	54

CAPITULO III

	MATERIALES Y PROCESO METODOLÓGICO	Página
3.1.	Marco geográfico	56
3.2.	Tipo de investigación	58
3.3.	Selección de las intersecciones a analizar	59
3.4.	Selección del equipo de trabajo.....	59
3.5.	Procesamiento de los datos de campo	60
3.5.1.	Geometría de la red	60
3.5.2.	Aforo y composición vehicular.....	61

3.5.3.	Aforos en la hora pico	62
3.5.4.	Velocidades	69
3.5.5.	Longitud de cola.....	71
3.5.6.	Tiempos, programación y coordinación de los semáforos.....	74
3.5.7.	Tiempos de recorrido de los tramos seleccionados para la calibración.....	78
3.6.	Construcción y modelación del área de estudio con Vissim	79
3.6.1.	Cargar imagen de fondo	79
3.6.2.	Creación de enlaces y conectores para la red vial.....	80
3.6.3.	Ingreso de volúmenes de tráfico vehicular.....	81
3.6.4.	Movimientos de giro y decisión de ruta.....	82
3.6.5.	Asignación de áreas de reducción de velocidad.....	82
3.6.6.	Reglas de prioridad y zonas de conflicto	82
3.6.7.	Señales de control	83
3.7.	Verificación del modelo	84
3.8	Calibración del modelo	84

CAPITULO IV

CÁLCULOS Y RESULTADOS		Página
4.1.	Volúmenes vehiculares.....	96
4.2.	Resultados de los ciclos semafóricos actuales y optimizados	100
4.3.	Longitud de cola.....	112
4.4.	Tiempos de recorrido.....	118
4.5.	Tiempos de demora en las intersecciones	122
4.6.	Niveles de servicio	136

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		Página
5.1.	Conclusiones	142
5.2.	Recomendaciones	152
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		
	Anexo 1: Aforos	158
	Anexo 2: Diagrama de volúmenes en hora pico	192
	Anexo 3: Modelos de vehículos en el programa Vissim.....	195
	Anexo 4: Tabla T – Student	197
	Anexo 5: Fotografías.....	199
	Anexo 6: Manual Vissim 10.02 (Resumen).....	200

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zonas congestionadas de la red urbana de la ciudad de Tarija.....	3
Figura 2: Tipos de modelación del tráfico	34
Figura 3: Proceso recomendado por la FHWA (2004)	39
Figura 4: Tiempo de warm up.....	40
Figura 5: Modelo de seguimiento vehicular	46
Figura 6: Fases del modelo Wiedemman	48
Figura 7: Cambio de carril necesario	49
Figura 8: Cambio de carril libre	49
Figura 9: Ubicación geográfica de las zonas de estudio	56
Figura 10: Zona 1 (Centro)	57
Figura 11: Zona 2 y 3 (V. Fátima y Rotonda final C/ Cbba)	57
Figura 12: Aforo para hallar la hora pico (Calle 15 de Abril)	62
Figura 13: Distribución vehicular según la dirección	68
Figura 14: Longitud de cola zona centro.....	71
Figura 15: Longitud de cola zona Rotonda.....	74
Figura 16: Ubicación de semáforos en una intersección de zona centro	75
Figura 17: Ubicación semáforos zona V. Fátima.....	76
Figura 18: Ubicación semáforos zona Rotonda	77
Figura 19: Coordinación semafórica en la zona céntrica.....	78
Figura 20: Vista satelital zona céntrica	80
Figura 21: Creación de accesos.....	80
Figura 22: Creación de conectores.....	81
Figura 23: Asignación de volúmenes vehiculares.....	81

Figura 24: Asignación de movimientos de giro	82
Figura 25: Asignación de reducción de áreas	82
Figura 26: Reglas de prioridad y zonas de conflicto.....	83
Figura 27: Asignación de plan de señales	84
Figura 28: Calibración modelo de seguimiento vehicular	87
Figura 29: Calibración modelo de cambio de carril.....	93
Figura 30: Calibración de comportamiento lateral.....	94
Figura 31: Plan de señales zona centro antes de la optimización	100
Figura 32: Resultados antes de la optimización zona centro N1 a N5.....	101
Figura 33: Resultados antes de la optimización zona centro N7 a N11	101
Figura 34: Resultados antes de la optimización zona centro N14 a N16.....	102
Figura 35: Resultados antes de la optimización zona centro N17 a N21	102
Figura 36: Resultados antes de la optimización zona centro N21 a N25.....	103
Figura 37: Plan de señales zona centro después de la optimización.....	103
Figura 38: Resultados después de la optimización zona Centro N1 a N 5	104
Figura 39: Resultados después de la optimización zona Centro N7 a N11	105
Figura 40: Resultados después de la optimización zona Centro N12 a N 16	105
Figura 41: Resultados después de la optimización zona Centro N17 a N 21	106
Figura 42: Resultados después de la optimización zona Centro N21 a N 25	106
Figura 43: Plan de señales zona V. Fátima antes de la optimización	107
Figura 44: Resultados antes de la optimización zona V. Fátima	108
Figura 45: Plan de señales después de la optimización zona V. Fátima.....	108
Figura 46: Resultados después de la optimización zona V. Fátima.....	109
Figura 47: Plan de señales antes de la optimización zona Rotonda.....	110

Figura 48: Resultados antes de la optimización zona Rotonda.....	110
Figura 49: Plan de señales después de la optimización zona Rotonda	111
Figura 50: Resultados después de la optimización zona Rotonda	112
Figura 51: Longitud de cola zona centro.....	115
Figura 52: Longitud de cola zona V. Fátima.....	117
Figura 53: Longitud de cola zona Rotonda.....	118
Figura 54: Tiempos de recorrido antes y después de optimización zona centro.....	119
Figura 55: Ubicación del tramo para el tiempo de recorrido zona Centro.....	119
Figura 56: Tiempos de recorrido antes y después de optimización zona V. Fátima.....	120
Figura 57: Ubicación del tramo para el tiempo de recorrido zona V. Fátima.....	121
Figura 58: Tiempos de recorrido antes y después de optimización zona Rotonda	121
Figura 59: Ubicación del tramo para el tiempo de recorrido zona Rotonda	122
Figura 60: Asignación de colores y valores a los niveles de servicio según Vissim	136
Figura 61: Niveles de servicio antes de la optimización zona centro	137
Figura 62: Niveles de servicio después de la optimización zona centro.....	138
Figura 63: Niveles de servicio antes de la optimización zona V. Fátima	139
Figura 64: Niveles de servicio después de la optimización zona V. Fátima.....	139
Figura 65: Niveles de servicio antes de la optimización zona Rotonda.....	140
Figura 66: Niveles de servicio después de la optimización zona Rotonda	140
Figura 67: Tiempo de demora antes y después de la optimización zona centro	144
Figura 68: Tiempo de demora antes y después de la optimización zona V. Fátima	145
Figura 69: Tiempo de demora antes y después de la optimización zona Rotonda	146
Figura 70: Nivele de servicio antes y después de la optimización zona Centro	147
Figura 71: Nivele de servicio antes y después de la optimización zona V. Fátima	148

Figura 72: Nivele de servicio antes y después de la optimización zona Rotonda.....	149
Figura 73: Tiempos de recorrido en las zonas de estudio	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación vehicular.....	18
Tabla 2: Nivel de servicio para una intersección por demora.....	26
Tabla 3: Erros admisible en parámetros para la calibración	41
Tabla 4: Características geométricas de las cuadras	61
Tabla 5: Aforos vehiculares para determinar la hora pico (Centro).....	63
Tabla 6: Aforos vehiculares para determinar la hora pico (Centro).....	64
Tabla 7: Aforos vehiculares para determinar la hora pico (V. Fátima)	65
Tabla 8: Aforos vehiculares para determinar la hora pico (Rotonda).....	66
Tabla 9: Hora pico para cada zona.....	67
Tabla 10: Detalle de aforo vehicular.....	67
Tabla 11: Ingreso de volumen vehicular zona centro	68
Tabla 12: Ingreso volumen vehicular zona V. Fátima	69
Tabla 13: Ingreso de volumen vehicular zona Rotonda.....	69
Tabla 14: Velocidades (Centro)	70
Tabla 15: Velocidades (V. Fátima)	70
Tabla 16: Velocidades (Rotonda).....	70
Tabla 17: Longitud de cola (Centro).....	72
Tabla 18: Longitud de cola (V. Fátima).....	73
Tabla 19: Longitud de cola (Rotonda)	74
Tabla 20: Ciclo semafórico para cada zona	75
Tabla 21: Tiempos de recorrido para cada zona	79
Tabla 22: Comparación de longitud de cola zona centro.....	85
Tabla 23: Tiempos de recorrido (Resumen).....	87

Tabla 24: Selección de parámetros de calibración	88
Tabla 25: Datos para la expresión de la hipótesis nula	90
Tabla 26: Comparación de longitud de cola en zona V. Fátima	92
Tabla 27: Comparación de longitud de cola en zona Rotonda.....	92
Tabla 28: Comparación de tiempos de recorrido en zona V. Fátima.....	93
Tabla 29: Comparación de tiempos de recorrido en zona Rotonda	93
Tabla 30: Parámetros obtenidos del resultado de la simulación	96
Tabla 31: Resultados de aforos vehiculares (Centro)	97
Tabla 32: Resultados de aforos vehiculares (V. Fátima)	99
Tabla 33: Resultados de aforos vehiculares (Rotonda).....	100
Tabla 34: Ciclo semafórico optimizado (Centro).....	104
Tabla 35: Ciclo semafórico optimizado (V. Fátima)	109
Tabla 36: Ciclo semafórico optimizado (Rotonda).....	111
Tabla 37: Comparación de longitud de cola (Centro).....	113
Tabla 38: Comparación de longitud de cola (V. Fátima).....	116
Tabla 39: Comparación de longitud de cola (Rotonda)	117
Tabla 40: Comparación de tiempo de recorrido (Centro)	119
Tabla 41: Comparación de tiempo de recorrido (V. Fátima)	120
Tabla 42: Comparación de tiempo de recorrido (Rotonda)	122
Tabla 43: Niveles de servicio para una intersección por demora.....	123
Tabla 44: Resultados de tiempos de demora antes de optimización (Centro)	124
Tabla 45: Resultados de tiempos de demora después de optimización (Centro).....	127
Tabla 46: Resultados de tiempos de demora antes de optimización (V. Fátima)	132
Tabla 47: Resultados de tiempos de demora después de optimización (V. Fátima).....	133

Tabla 48: Resultados de tiempos de demora antes de optimización (Rotonda).....	134
Tabla 49: Resultados de tiempos de demora después de optimización (Rotonda)	134
Tabla 50: Resumen tiempos demora antes y después de la optimización (Centro)	135
Tabla 51: Resumen tiempos demora antes y después de la optimización (V. Fátima)..	135
Tabla 52: Resumen tiempos demora antes y después de la optimización (Rotonda)	135
Tabla 53: Tiempo de demora antes y después de la optimización (Centro)	144
Tabla 54: Tiempo de demora antes y después de la optimización (V. Fátima)	145
Tabla 55: Tiempo de Demora antes y después de la optimización (Rotonda).....	146
Tabla 56: Niveles de servicio antes y después de la optimización (Centro).....	147
Tabla 57: Niveles de servicio antes y después de la optimización (V. Fátima).....	149
Tabla 58: Niveles de servicio antes y después de la optimización (Rotonda)	149
Tabla 59: Tiempo de Recorrido antes y después de la optimización en las tres zonas..	150
Tabla 60: Porcentaje de error de tiempos de recorrido	151