

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN



**“METODOLOGÍA DE ASIGNACIÓN DE TRÁFICO EN REDES URBANAS
CRÍTICAS, APLICADA A LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

ROCIO JHERMINNE CHOQUEHUANCA LOPEZ

PROYECTO DE APLICACIÓN presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

SEMESTRE I - 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por la oportunidad.

A mi amada madre, que a pesar de las adversidades estuvo ahí con su amor, apoyo y comprensión incondicionales, convirtiéndose así en el pilar imprescindible de todo momento en mi formación personal y profesional.

A mi padre que me enseñó las lecciones necesarias para convertirme en una persona de la cual se sintiera orgulloso.

A mis hermanas que entre risas y lágrimas siempre me brindaron su amor y entendimiento.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3.1. Situación problemática	5
1.3.2. Problema	6
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. HIPÓTESIS	7
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES	7
1.6.1. Variable independiente	7
1.6.2. Variable dependiente	7
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO	8
1.8. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	8

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

	Página
2.1. INGENIERÍA DE TRÁFICO	11
2.1.1 Elementos fundamentales de la ingeniería de tráfico	11
2.1.1.1. Elemento usuario	11
2.1.1.2. Elemento vehículo	15
2.1.1.3. Elemento vía	21
2.1.2. Características de circulación	22
2.1.3. Parámetros de la ingeniería de tráfico	22

2.1.3.1.	Volumen de tráfico	22
2.1.3.2.	Velocidad de tráfico	30
2.1.3.3.	Capacidad vehicular	36
2.1.3.4.	Niveles de servicio	40
2.1.4.	Congestionamiento	41
2.1.4.1.	Factores fundamentales de congestión	42
2.1.4.2.	Métodos para medir el congestión	42
2.1.5.	Señalización	43
2.1.5.1.	Señalización horizontal	43
2.1.5.2.	Señalización vertical	44
2.1.6.	Semaforización	51
2.1.7.	Estacionamiento	63
2.2.	CALLES URBANAS	65
2.2.1.	Características de las vías urbanas	66
2.2.2.	Clasificación de las vías urbanas	66
2.2.2.1.	Autopistas urbanas	67
2.2.2.2.	Vías arterias	68
2.2.2.3.	Colectoras	70
2.2.2.4.	Locales residenciales	70
2.2.2.5.	Peatonales	71
2.2.2.6.	Ciclorutas	71
2.2.2.7.	Red urbana crítica	72
2.3.	QUE ES LA METODOLOGÍA DE ASIGNACIÓN DE TRÁFICO	73
2.3.1.	Porque usar una metodología de asignación de tráfico	73
2.3.2.	Es necesario proibir al automóvil	74
2.3.3.	Que cambio de conducta reduciría el congestión de tráfico	74
2.3.4.	Tipos de metodologías de asignación de tráfico	74
2.3.4.1.	Control de estacionamiento	74
2.3.4.2.	Escalonamiento en horarios	76

2.3.4.3. Restricción vehicular	77
2.3.4.4. Tarificación Vehicular	80

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN Y CÁLCULOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	Página
3.1. RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN Y CÁLCULOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	82
3.1.1. Enfoque de estudio	82
3.1.2. Ubicación del proyecto	82
3.1.3. Delimitación de la zona de estudio	87
3.1.4. Características de la zona de estudio	90
3.1.4.1. Características generales de la zona de estudio	90
3.1.4.2. Características físicas y geométricas de la zona de estudio	92
3.2. COMPUTO DE DATOS	107
3.2.1. Determinación de la hora pico (método AASHTO)	107
3.2.2. Aforo de volumen vehicular	114
3.2.3. Resumen de volumen vehicular	116
3.2.4. Aforo de tiempos de circulación instantáneos en intersecciones	123
3.2.4.1. Determinación de velocidad de punto	123
3.2.4.2. Resumen de velocidades de punto	125
3.2.5. Capacidad y nivel de servicio	127
3.2.5.1. Ejemplo de cálculo método simplificado (método ábacos)	127
3.2.5.2. Resumen de capacidades y niveles de servicio de los diferentes tramos	134
3.2.6. Señalización	137
3.2.6.1. Señales horizontales	137
3.2.6.2. Señales verticales	141

3.2.7.	Semaforización	144
3.2.7.1	Semaforización actual	153
3.2.7.2.	Semaforización propuesta	157
3.3.	ANALISIS DE RESULTADOS	169
3.4.	SOLUCIONES PROPUESTAS	171

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página	
4.1.	CONCLUSIONES	181
4.2.	RECOMENDACIONES	183
	Bibliografía	
	Anexos	
	Anexo 1. Reporte fotográfico	
	Anexo 2. Planillas de cálculos	
	Anexo 3. Planos	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Diseño metodológico	8
Figura 2.1. Conductor	11
Figura 2.2. Peatón	14
Figura 2.3. Vehículo siglo XIX	15
Figura 2.4. Vehículo siglo XXI	15
Figura 2.5. Radio de giro de un automóvil para un cambio de sentido de 180°	17
Figura 2.6. Características de la vía	21
Figura 2.7. Aforo manual	24
Figura 2.8. Aforo mediante el reconocimiento de placas	25
Figura 2.9. Aforo de velocidades	31
Figura 2.10. Capacidades y niveles de servicio de una vía	36
Figura 2.11. Señales horizontales en una vía	43
Figura 2.12. Señales verticales en una vía	44
Figura 2.13. Señales preventivas de una vía	46
Figura 2.14. Señales reglamentarias de una vía	48
Figura 2.15. Señales informativas de una vía	50
Figura 2.16. Calle urbana	65
Figura 2.17. Gráfica accesibilidad vs movilidad de un sistema vial urbano	66
Figura 2.18. Autopista urbana	67
Figura 2.19. Cicloruta	71
Figura 3.1. Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colon)	87
Figura 3.2. Av. Belgrano (av. La Paz – calle España)	88
Figura 3.3. Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)	88
Figura 3.4. Calle Junín (calle Ingavi – av. Potosí)	89
Figura 3.5. Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)	89
Figura 3.6. Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)	90

Figura 3.7.	Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle General Trigo)	92
Figura 3.8.	Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle Sucre)	93
Figura 3.9.	Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle Daniel Campos)	93
Figura 3.10.	Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle Colon)	94
Figura 3.11.	Croquis de la intersección (av. Belgrano – av. La Paz)	95
Figura 3.12.	Croquis de la intersección (av. Belgrano – calle Federico Ávila)	95
Figura 3.13.	Croquis de la intersección (av. Belgrano – av. España)	96
Figura 3.14.	Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. Monseñor Font)	97
Figura 3.15.	Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. Gamoneda)	97
Figura 3.16.	Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. Gran Chaco)	98
Figura 3.17.	Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. La Paz)	99
Figura 3.18.	Croquis de la intersección (calle Junín – calle Ingavi)	99
Figura 3.19.	Croquis de la intersección (calle Junín – calle Bolívar)	100
Figura 3.20.	Croquis de la intersección (calle Junín – av. Domingo Paz)	101
Figura 3.21.	Croquis de la intersección (calle Junín – av. Potosí)	101
Figura 3.22.	Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – calle Bolívar)	102
Figura 3.23.	Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – av. Domingo Paz)	103
Figura 3.24.	Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – calle Corrado)	103

Figura 3.25.	Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – calle Cochabamba)	104
Figura 3.26.	Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Saavedra)	105
Figura 3.27.	Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Guerrahuayco)	105
Figura 3.28.	Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Tarija)	106
Figura 3.29.	Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Ibibobo)	107
Figura 3.30.	Horas pico – calle Cochabamba	109
Figura 3.31.	Horas pico – calle Belgrano	110
Figura 3.32.	Horas pico – avenida Circunvalación	111
Figura 3.33.	Horas pico – calle Junín	112
Figura 3.34.	Horas pico – calle Narciso Campero	113
Figura 3.35.	Horas pico – avenida Alto de Alianza	114
Figura 3.36.	Aforo manual en la intersección av. La Paz – av. Belgrano	115
Figura 3.37.	Medición del tramo de 50 mt para determinar la velocidad de punto	125
Figura 3.38.	Capacidad ideal para accesos de dos sentidos	128
Figura 3.39.	Capacidad ideal para accesos de un solo sentido	129
Figura 3.40.	Capacidad ideal para accesos de dos sentidos	132
Figura 3.41.	Señalización horizontal en la calle Cochabamba y sus intersecciones	138
Figura 3.42.	Señalización horizontal en la calle Belgrano y sus intersecciones	138
Figura 3.43.	Señalización horizontal en la avenida Circunvalación y sus intersecciones	139
Figura 3.44.	Señalización horizontal en la calle Junín y sus intersecciones	139

Figura 3.45.	Señalización horizontal en la calle Narciso Campero y sus intersecciones	140
Figura 3.46.	Señalización horizontal en la avenida Alto de la Alianza y sus intersecciones	140
Figura 3.47.	Señalización vertical en la calle Cochabamba y sus intersecciones	141
Figura 3.48.	Señalización vertical preventiva en la calle Belgrano y sus intersecciones	142
Figura 3.49.	Señalización vertical reglamentaria en la avenida Circunvalación y sus intersecciones	142
Figura 3.50.	Señalización vertical informativa en la avenida Circunvalación y sus intersecciones	143
Figura 3.51.	Señalización vertical en la calle Junín y sus intersecciones	143
Figura 3.52.	Señalización vertical en la calle Narciso Campero y sus intersecciones	144
Figura 3.53.	Señalización vertical en la avenida Alto de la Alianza y sus intersecciones	144
Figura 3.54.	Intersección ejemplo 1	153
Figura 3.55.	Semaforización calle principal 1	154
Figura 3.56.	Semaforización secundaria 1	154
Figura 3.57.	Intersección ejemplo 2	154
Figura 3.58.	Semaforización calle principal 2	155
Figura 3.59.	Semaforización calle secundaria 2	155
Figura 3.60.	Intersección ejemplo 3	155
Figura 3.61.	Semaforización calle principal 3	156
Figura 3.62.	Semaforización calle secundaria 3	156
Figura 3.63.	Intersección ejemplo 4	156
Figura 3.64.	Semaforización calle principal 4	157
Figura 3.65.	Semaforización calle secundaria 4	157
Figura 3.66.	Intersección ejemplo 1	157

Figura 3.67. Semaforización calle principal 1	158
Figura 3.68. Semaforización calle secundaria 1	159
Figura 3.69. Intersección ejemplo 2	159
Figura 3.70. Semaforización calle principal 2	160
Figura 3.71. Semaforización calle secundaria 2	160
Figura 3.72. Intersección ejemplo 3	160
Figura 3.73. Semaforización calle principal 3	161
Figura 3.74. Semaforización calle secundaria 3	162
Figura 3.75. Intersección ejemplo 4	162
Figura 3.76. Semaforización calle principal 4	163
Figura 3.77. Semaforización calle secundaria 4	163

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Parque automotor, según departamento, 2021- 2022	2
Tabla 1.2. Parque automotor de Tarija, según tipo de servicio, 2019- 2025	2
Tabla 1.3. Parque automotor de la ciudad de Tarija, según tipo de servicio y clase de vehículo, 2013- 2022	3
Tabla 2.1. Características físicas de los automóviles	16
Tabla 2.2. Características físicas de los camiones	16
Tabla 2.3. Características físicas de los autobuses	16
Tabla 2.4. Hoja de campo para el registro de aforos	34
Tabla 2.5. Volúmenes mínimos para instalación de semáforo	56
Tabla 2.6. Volúmenes mínimos por demoras en calle secundaria	57
Tabla 2.7. Volumen mínimo de vehículos y peatones	57
Tabla 2.8. Valores de fase amarilla	60
Tabla 3.1. Ubicación de las redes urbanas críticas dentro del municipio de Tarija	87
Tabla 3.2. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle General Trigo)	92
Tabla 3.3. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle Sucre)	93
Tabla 3.4. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle Daniel Campos)	94
Tabla 3.5. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle Colon)	94
Tabla 3.6. Descripción de la intersección (av. Belgrano – av. La Paz)	95
Tabla 3.7. Descripción de la intersección (av. Belgrano – calle Federico Ávila)	96
Tabla 3.8. Descripción de la intersección (Av. Belgrano –calle España)	96

Tabla 3.9.	Descripción de la intersección (av. Circunvalación – av. Monseñor Font)	97
Tabla 3.10.	Descripción de la intersección (av. Circunvalación – av. Gamoneda)	98
Tabla 3.11.	Descripción de la intersección (av. Circunvalación – av. Gran Chaco)	98
Tabla 3.12.	Descripción de la intersección (av. Circunvalación – av. La Paz)	99
Tabla 3.13.	Descripción de la intersección (calle Junín – calle Ingavi)	100
Tabla 3.14.	Descripción de la intersección (calle Junín – calle Bolívar)	100
Tabla 3.15.	Descripción de la intersección (calle Junín – av. Domingo Paz)	101
Tabla 3.16.	Descripción de la intersección (calle Junín – av. Potosí)	102
Tabla 3.17.	Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – calle Bolívar)	102
Tabla 3.18.	Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – av. Domingo Paz)	103
Tabla 3.19.	Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – calle Corrado)	104
Tabla 3.20.	Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – calle Bolívar)	104
Tabla 3.21.	Descripción de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Saavedra)	105
Tabla 3.22.	Descripción de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Guerrahuayco)	106
Tabla 3.23.	Descripción de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Tarija)	106

Tabla 3.24. Descripción de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Ibibobo)	107
Tabla 3.25. Valores de horas pico calle Cochabamba	108
Tabla 3.26. Valores de horas pico calle Belgrano	109
Tabla 3.27. Valores de horas pico av. Circunvalación	110
Tabla 3.28. Valores de horas pico calle Junín	111
Tabla 3.29. Valores de horas pico calle Narciso Campero	112
Tabla 3.30. Valores de horas pico avenida Alto de la Alianza	113
Tabla 3.31. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle General Trigo)	116
Tabla 3.32. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle Sucre)	116
Tabla 3.33. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle Daniel Campos)	116
Tabla 3.34. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle Colon)	117
Tabla 3.35. Resumen de volumen vehicular (calle Belgrano – av. La Paz)	117
Tabla 3.36. Resumen de volumen vehicular (calle Belgrano – calle Federico Ávila)	117
Tabla 3.37. Resumen de volumen vehicular (calle Belgrano – calle España)	118
Tabla 3.38. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – av. Monseñor Font)	118
Tabla 3.39. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – calle Gamoneda)	118
Tabla 3.40. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – av. Gran Chaco)	119
Tabla 3.41. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – av. La Paz)	119

Tabla 3.42. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Ingavi)	119
Tabla 3.43. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Bolívar)	120
Tabla 3.44. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Domingo Paz)	120
Tabla 3.45. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Potosí)	120
Tabla 3.46. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – calle Bolívar)	121
Tabla 3.47. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – calle Domingo Paz)	121
Tabla 3.48. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – calle Corrado)	121
Tabla 3.49. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – calle Cochabamba)	122
Tabla 3.50. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Saavedra)	122
Tabla 3.51. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Guerrahuayco)	122
Tabla 3.52. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Tarija)	123
Tabla 3.53. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Ibibobo)	123
Tabla 3.54. Resumen de velocidades de punto	125
Tabla 3.55. Resumen de velocidades de punto	126
Tabla 3.56. Resumen de velocidades de punto	126
Tabla 3.57. Resumen de velocidades de punto	126
Tabla 3.58. Resumen de velocidades de punto	127
Tabla 3.59. Resumen de velocidades de punto	127

Tabla 3.60. Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos	131
Tabla 3.61. Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos	133
Tabla 3.62. Resumen de niveles de servicio	134
Tabla 3.63. Resumen de niveles de servicio	134
Tabla 3.64. Resumen de niveles de servicio	135
Tabla 3.65. Resumen de niveles de servicio	135
Tabla 3.66. Resumen de niveles de servicio	136
Tabla 3.67. Resumen de niveles de servicio	136
Tabla 3.68. Volúmenes mínimos para instalación de semáforo	146
Tabla 3.69. Volúmenes mínimos por demoras en calle secundaria	147
Tabla 3.70. Volumen mínimo de vehículos y peatones	147
Tabla 3.71. Valores de fase amarilla	150
Tabla 3.72. Resumen de semaforización calle Cochabamba entre General Trigo y Colon	164
Tabla 3.73. Resumen de semaforización av. Belgrano entre La Paz y España	165
Tabla 3.74. Resumen de semaforización av. Circunvalación entre La Paz y Monseñor Font	166
Tabla 3.75. Resumen de semaforización calle Junín entre calle Ingavi y Potosí	167
Tabla 3.76. Resumen de semaforización calle Narciso Campero entre Bolívar y Cochabamba	168
Tabla 3.77. Resumen de semaforización av. Alto de la Alianza entre calle Saavedra e Ibibobo	169
Tabla 3.78. Resumen de resultados obtenidos sobre el volumen y nivel de servicio	169
Tabla 3.79. Resumen de resultados obtenidos sobre el volumen y nivel de servicio aplicando el índice de crecimiento futuro.	170

