

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“NUEVA METODOLOGÍA PARA MODELACIÓN DE SEGURIDAD
VIAL EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN”**

Por:

RIOS PORTAL JUVINKA DANISA

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 / 2021

TARIJA – BOLIVIA

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

**“NUEVA METODOLOGÍA PARA MODELACIÓN DE SEGURIDAD
VIAL EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN”**

Por:

RIOS PORTAL JUVINKA DANISA

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV – 502

SEMESTRE I/ 2021

TARIJA-BOLIVIA

.....
M. Sc. Ing. Aurelio José Navia Ojeda

DECANO a.i.
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGIA

.....
M. Sc. Lic Deysi Arancibia Marquez

VICEDECANO a.i.
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGIA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Marcelo Segovia C.

.....
Ing. Mabel Zambrana V.

.....
Ing. Antonio Calvimontes C.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por la oportunidad.

A mi madre, que después de tantas caídas, lágrimas y tristezas estuvo ahí con su amor y apoyo incondicional en todo momento en mi formación profesional.

A mis dos ángeles que donde quiera que estén, siempre los tuve presente.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente al ser máspreciado en mi vida MAMÁ, gracias por forjar mi camino, su inmenso cariño y aliento inquebrantable hizo posible este trabajo.

Y a los docentes y amigos quienes estuvieron en este largo camino brindándome su apoyo incondicional GRACIAS!

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3.1. Situación problemática.....	2
1.3.2. Problema.....	3
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. HIPÓTESIS.....	3
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES	4
1.6.1. Variables independientes	4
1.6.2. Variables dependientes.....	4
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO	4
1.7.1. Componentes.....	5
1.8. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	8
1.8.1. Método inductivo	8
1.8.2. Técnica experimental	8
1.9. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	9

CAPÍTULO II

**ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y LA
SEGURIDAD VIAL**

	Pág.
2.1. GENERALIDADES	10
2.2. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.....	10

2.2.1. Elemento usuario.....	10
2.2.1.1. El peatón.....	11
2.2.1.2. El conductor	11
2.2.2. Elemento vehículo.....	12
2.2.2.1. Clasificación y características del vehículo	12
2.2.3. Elemento vía.....	13
2.2.3.1. Partes integrantes de una vía	14
2.2.3.2. Capacidades en vías de flujo interrumpido.....	15
2.2.3.3. Nivel de servicio de una vía.....	15
2.3. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.....	17
2.3.1. Parámetro intensidad.....	17
2.3.2. Parámetro velocidad.....	18
2.3.3. Parámetro densidad.....	20
2.4. SEGURIDAD VIAL	20
2.5. PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD VIAL	21
2.5.1. Señalización vial	21
2.5.1.1. Tipos de señales	22
2.5.1.2 Empleo de la señalización en intersecciones	31
2.5.2. Semaforización.....	33
2.5.2.1. Ventajas de la instalación de los semáforos en intersecciones	33
2.5.2.2. Desventajas de la instalación de los semáforos en intersecciones	34
2.5.2.3. Estudios necesarios para la instalación de un semáforo.....	34
2.6. ESTADO DE LA SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL	37
2.6.1. Contexto nacional.....	37
2.7. ACCIDENTABILIDAD VIAL.....	38
2.7.1. Clasificación de los accidentes.....	39
2.7.2. Los accidentes de tránsito y sus causas.....	40
2.7.3. Aplicación de legislación y normas viales.....	41
2.7.4. Aplicación de medidas de seguridad para los peatones.....	44
2.7.5. Aplicación de medidas de seguridad en el conductor.....	44
2.8. INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL.....	49

2.8.1. Diseño geométrico.....	49
2.8.1.1 Alineamientos: horizontal y vertical.....	49
2.8.1.2. Sección transversal.....	52
2.8.1.3 Superficie de rodadura	53
2.8.1.4 Señalización horizontal y vertical	54
2.8.2. Gestión de tránsito.....	57
2.8.3. Elementos viales.....	61
2.8.4. Usuarios de la vía	62
2.8.5. Vehículos en la vía	63
2.9. INTERSECCIÓN VIAL	64
2.9.1. Intersecciones controladas o semaforizadas.....	66
2.9.2 Intersecciones giratorias o rotondas.....	66
2.10 Modelación de la seguridad vial	68

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DE LA MODELACIÓN DE SEGURIDAD VIAL EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN

	Pág.
3.1. UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO	70
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	71
3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO	72
3.4. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE ACCIDENTABILIDAD	90
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS DE AFORO.....	92
3.6. CÁLCULO DE CAPACIDADES Y NIVEL DE SERVICIO	136
3.6.1. Parámetros considerados para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio	136
3.6.2. Procedimiento de determinación de la capacidad y nivel de servicio.....	140
3.6.3 Tabla de resultados de la determinación de la capacidad y nivel de servicio	144
3.7. MODELACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN.....	146
3.7.1. Parámetros de entrada	146

3.7.2. Procedimiento del cálculo	146
3.7.2.1. Cálculo de desutilidad de un accidente.....	147
3.7.2.2. Cálculo probabilidad de sufrir un accidente.....	147
3.7.3. Resumen de resultados de accidentabilidad.....	149
3.7.3.1. Desutilidad de un accidente.....	149
3.7.3.1. Probabilidad de sufrir un accidente de severidad mayor	150
3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE ACCIDENTABILIDAD.....	152
3.9. EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES DE INCUMPLIMIENTO Y DE MAYOR INFLUENCIA DENTRO DE LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS.....	154
3.10. RESUMEN DEL PLANTEAMIENTO DE ACCIONES.....	161
3.10.1 Detalle técnico de las soluciones propuestas.....	164
3.10.2. Semáforo para invidentes.....	173
3.10.2. Planteamiento de soluciones para el transporte pesado y peatonal.....	176
3.11. CONTRASTACIÓN ENTRE LA DESUTILIDAD DE UN ACCIDENTE Y LA PROBABILIDAD DE SUFRIR UN ACCIDENTE Y ACCIDENTABILIDAD.....	177
3.11.1. Contrastación entre la desutilidad de accidente-probabilidad de sufrir un accidente y accidentabilidad total.....	178
3.11.2. Contrastación entre la desutilidad de un accidente y la probabilidad de sufrir un accidente y el nivel de servicio	180

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
4.1. CONCLUSIONES	182
4.2. RECOMENDACIONES	183

Bibliografía

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Diseño metodológico	4
Figura 2.1. Partes integrantes de una vía.....	15
Figura 2.2. Señales reglamentarias 1.....	23
Figura 2.3. Señales reglamentarias 2.....	24
Figura 2.4. Señales preventivas 1.....	25
Figura 2.5. Señales preventivas 2.....	26
Figura 2.6. Señales informativas.....	28
Figura 2.7. Ángulo de entrada y observación de las demarcaciones (Señalización horizontal)	30
Figura 2.8. Señalización en intersecciones	32
Figura 2.9. Localización de las caras del semáforo en el lado más cercano del acceso de la intersección	35
Figura 2.10. Semáforos montados en ménsula sujeta a poste lateral	36
Figura 2.11. Semáforos montados en postes o en ménsula corta.....	36
Figura 2.12. Posición de las lentes en un semáforo de tres luces.....	37
Figura 2.13. Rotonda “La Torre” ubicada en la Av. Circunvalación y Froilán Tejerina, controlada por semáforos.....	51
Figura 2.14. Cruce peatonal en la Av. Froilán Tejerina y Av. Circunvalación	51
Figura 2.15. Mal estado de la superficie de rodadura sobre la Av. Circunvalación ...	54
Figura 2.16. Tachones ubicados en la intersección de la Av. Circunvalación y Av. Font, controlando movimientos vehiculares.	55
Figura 2.18. Delineadores ubicados en la Av. Circunvalación y Av. Romero	56
Figura 2.19. Señal reguladora “Velocidad máxima”	56
Figura 2.20. Señal informativa.....	57
Figura 2.21. Rotonda; muchas veces solución a los problemas de intersecciones.	58
Figura 2.22. Semaforización de intersecciones (Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina).	58
Figura 2.23. Vehículos estacionados en calzada sobre la Av. Circunvalación.	59
Figura 2.24. Circulación de vehículos pesados en la Av. Circunvalación (1)	60

Figura 3.19. Croquis de la intersección – punto de estudio 18	89
Figura 3.20. Horas pico – Avenida Circunvalación.....	93
Figura 3.21. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 1	101
Figura 3.22. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 2	103
Figura 3.23. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 3	105
Figura 3.24. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 4	107
Figura 3.25. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 5	109
Figura 3.26. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 6	111
Figura 3.27. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 7	113
Figura 3.28. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 8	115
Figura 3.29. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 9	117
Figura 3.30. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 10	119
Figura 3.31. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 11	121
Figura 3.32. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 12	123
Figura 3.33. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 13	125
Figura 3.34. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 14	127
Figura 3.35. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 15	129
Figura 3.36. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 16	131
Figura 3.37. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 17	133
Figura 3.38. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 18	135
Figura 3.39. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas en un solo sentido	138
Figura 3.40. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas de doble sentido	139
Figura 3.41. Capacidad teórica del acceso 1 del punto de estudio 1	141
Figura 3.42. Croquis de intersección - punto de estudio 1	146
Figura 3.43. Puntos de estudio vs Desutilidad de un accidente	152
Figura 3.44. Puntos de estudio vs Probabilidad de sufrir un accidente.....	153
Figura 3.45. Demarcación paso peatonal regulado por semáforo.....	165
Figura 3.46. Prohibido estacionar.....	166
Figura 3.47. Pasos de cebra.....	170

Figura 3.48. Demarcación tipo “bloqueo de cruces”	171
Figura 3.49. Caja para activar el semáforo sonoro.....	175
Figura 3.50. Señalización informativa de la prohibición de estacionamiento.....	177

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Características de los vehículos más frecuentes	13
Tabla 2.2. Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para entradas de intersecciones aisladas independientemente	17
Tabla 3.1. Descripción de la intersección – punto de estudio 1	72
Tabla 3.2. Descripción de la intersección – punto de estudio 2.....	73
Tabla 3.3. Descripción de la intersección – punto de estudio 3.....	74
Tabla 3.4. Descripción de la intersección – punto de estudio 4.....	75
Tabla 3.5. Descripción de la intersección – punto de estudio 5.....	76
Tabla 3.6. Descripción de la intersección – punto de estudio 6.....	77
Tabla 3.7. Descripción de la intersección – punto de estudio 7.....	78
Tabla 3.8. Descripción de la intersección – punto de estudio 8.....	79
Tabla 3.9. Descripción de la intersección – punto de estudio 9.....	80
Tabla 3.10. Descripción de la intersección – punto de estudio 10.....	81
Tabla 3.11. Descripción de la intersección – punto de estudio 11	82
Tabla 3.12. Descripción de la intersección – punto de estudio 12.....	83
Tabla 3.13. Descripción de la intersección – punto de estudio 13.....	84
Tabla 3.14. Descripción de la intersección – punto de estudio 14.....	85
Tabla 3.15. Descripción de la intersección – punto de estudio 15.....	86
Tabla 3.16. Descripción de la intersección – punto de estudio 16.....	87
Tabla 3.17. Descripción de la intersección – punto de estudio 17.....	88
Tabla 3.18. Descripción de la intersección – punto de estudio 18.....	89
Tabla 3.19. Descripción de accidentes.....	91
Tabla 3.20. Valores de horas pico Av. Circunvalación.....	92
Tabla 3.21. Datos aforados del acceso 1 – punto de estudio 1.....	93
Tabla 3.22. Volúmenes del acceso 1 – punto de estudio 1	95

Tabla 3.23. Volúmenes del acceso 1 – punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)	95
Tabla 3.24. Vehículos que realizan giro izquierda del acceso 1 – punto de estudio 1	96
Tabla 3.25. Porcentajes de maniobras del acceso 1 – punto de estudio 1	96
Tabla 3.26. Porcentajes de maniobras en las horas para el acceso 1 – punto de estudio 1	97
Tabla 3.27. Porcentajes de vehiculos pesados acceso 1 – punto de estudio 1.....	98
Tabla 3.28. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 1	100
Tabla 3.29. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección - punto de estudio 1	101
Tabla 3.30. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 2	102
Tabla 3.31. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 2	103
Tabla 3.32. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 3	104
Tabla 3.33. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 3	105
Tabla 3.34. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 4	106
Tabla 3.35. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 4	107
Tabla 3.36. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 5	108
Tabla 3.37. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 5	109
Tabla 3.38. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 6	110

Tabla 3.39. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 6	111
Tabla 3.40. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 7	112
Tabla 3.41. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 7	113
Tabla 3.42. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 8	114
Tabla 3.43. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 8	115
Tabla 3.44. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 9	116
Tabla 3.45. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 9.....	117
Tabla 3.46. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 10.....	118
Tabla 3.47. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 10	119
Tabla 3.48. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 11	120
Tabla 3.49. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 11	121
Tabla 3.50. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 12	122
Tabla 3.51. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 12	123
Tabla 3.52. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 13	124
Tabla 3.53. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 13	125

Tabla 3.54. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 14	126
Tabla 3.55. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 14	127
Tabla 3.56. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 15	128
Tabla 3.57. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 15	129
Tabla 3.58. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 16	130
Tabla 3.59. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 16	131
Tabla 3.60. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 17	132
Tabla 3.61. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 17	133
Tabla 3.62. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 18	134
Tabla 3.63. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 18	135
Tabla 3.64. Clasificación del nivel de servicio del acceso 1 del punto de estudio 1	143
Tabla 3.65. Resultados de capacidad y nivel de servicio de los accesos del punto de estudio 1.	144
Tabla 3.66. Tabla resumen de resultados de la capacidad y nivel de servicio Av. Circunvalación.....	145
Tabla 3.67. Descripción de la intersección – punto de estudio 1	147
Tabla 3.68. Tabla de la sumatoria del producto $e^{\beta \cdot X_n}$	148
Tabla 3.69. Resultados de la desutilidad de un accidente en la Av. Circunvalación.	149

Tabla 3.70. Tabla de resultados de probabilidad de sufrir un accidente en la Av. Circunvalación.....	150
Tabla 3.71. Tabla de resultados de probabilidad de sufrir un accidente en la Av. Circunvalación expresado en %	151
Tabla 3.72. Resumen de soluciones propuestas en cada intersección.....	161
Tabla 3.73. Soluciones propuestas – punto de estudio 1.....	164
Tabla 3.74. Soluciones propuestas – punto de estudio 2.....	165
Tabla 3.75. Soluciones propuestas – punto de estudio 3.....	166
Tabla 3.76. Soluciones propuestas – punto de estudio 4.....	167
Tabla 3.77. Soluciones propuestas – punto de estudio 5.....	167
Tabla 3.78. Soluciones propuestas – punto de estudio 6.....	168
Tabla 3.79. Soluciones propuestas – punto de estudio 7.....	168
Tabla 3.80. Soluciones propuestas – punto de estudio 8.....	168
Tabla 3.81. Soluciones propuestas – punto de estudio 9.....	169
Tabla 3.82. Soluciones propuestas – punto de estudio 10.....	169
Tabla 3.83. Soluciones propuestas – punto de estudio 11.....	170
Tabla 3.84. Soluciones propuestas – punto de estudio 12.....	170
Tabla 3.85. Soluciones propuestas – punto de estudio 13.....	172
Tabla 3.86. Soluciones propuestas – punto de estudio 14.....	172
Tabla 3.87. Soluciones propuestas – punto de estudio 15.....	172
Tabla 3.88. Soluciones propuestas – punto de estudio 16.....	173
Tabla 3.89. Soluciones propuestas – punto de estudio 17.....	173
Tabla 3.90. Soluciones propuestas – punto de estudio 18.....	173
Tabla 3.91. Tabla de contrastación-desutilidad de un accidente-probabilidad de sufrir un accidente y accidentabilidad total.....	178
Tabla 3.92. Registro de heridos en cada interseccion.....	179
Tabla 3.93. Contrastación entre la desutilidad de un accidente y la probabilidad de sufrir un accidente y el nivel de servicio	180