

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



**“ANÁLISIS DEL USO DEL MANUAL DE SEGURIDAD VÍAL HSM
APLICADO A VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

XIMENA ALEJANDRA SILES BARRIOS

Proyecto presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Semestre I – 2023

TARIJA – BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DEL USO DEL MANUAL DE SEGURIDAD VÍAL HSM
APLICADO A VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

XIMENA ALEJANDRA SILES BARRIOS

Proyecto presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Semestre I – 2023

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Le dedico el resultado de este trabajo a mis padres Carlos Siles Jiménez y Julia Barrios Martínez, por el apoyo que me brindaron, por ser artífices en la culminación de mis estudios superiores.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
GENERALIDADES

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVO.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.4.1 Situación problemática	3
1.4.2 Problema	4
1.5 DEFINICIÓN DE VARIABLES	4
1.5.1 Variable.....	4
1.5.2 Operacionalización de la variable.....	5
1.6 HIPÓTESIS	6
1.7 PROCESO METODOLÓGICO.....	6
1.7.1 Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.7.2 Población.....	6
1.7.3 Muestra	6
1.7.4 Muestreo	6
1.7.5 Método	7
1.7.6 Técnicas y procedimiento	7

1.7.7	Identificación del esquema que corresponde a la perspectiva.	8
1.7.8	Parámetros.....	9
1.7.9	Instrumentos.....	10
1.7.10	Medios.....	11
1.8	ALCANCE DEL PROYECTO	11

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

		Página
2.1	ACCIDENTES DE TRÁNSITO	12
2.1.1	Fases de un accidente.....	16
2.1.2	Clasificación de Accidentes de Tránsito.....	20
2.1.3	Índices de Accidentabilidad.....	21
2.1.4	Distribución de los accidentes de tránsito.....	22
2.1.5	Infraestructura Vial	22
2.1.6	Vías Urbanas.....	23
2.1.7	Características Geométricas.....	24
2.1.8	Dispositivos de control de tránsito y entorno vial	25
2.2	METODOLOGÍA DE PREDICCIÓN DE ACCIDENTES HSM 2010	27
2.2.1	Descripción general del HSM.....	28

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA DEL USO Y ANÁLISIS DEL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL HSM

	Página
3. CAPÍTULO III.....	50
3.1 UBICACIÓN.....	50
3.1.1 Ubicación de los tramos en estudio	51
3.1.2 Clasificación de los tramos en estudio.....	52
3.2 PERIODO DE ESTUDIO	53
3.3 CARACTERÍSTICAS DE TRAFICO	53
3.3.1 Tipos de Vehículos	53
3.3.2 Aforos	56
3.3.3 Recopilación de los datos de tráfico	57
3.4 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS	74
3.4.1 Diagnóstico de intersecciones en vías urbanas de la ciudad de Tarija	74
3.4.2 Características geométricas.....	98
3.5 CLASIFICACIÓN DE ACCIDENTES	100
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACCIDENTES DE TRANSITO.....	102
3.6.1 Reportes Oficiales de Accidente (Comando departamental de policía)	102
3.6.2 Porcentajes totales de los Accidente de Tránsito.....	103
3.7 CALIBRACIÓN DEL MÓDULO DE ACCIDENTES	108
3.7.1 Calibración del Módulo de Accidente para Segmento e Intersecciones.....	108
3.8 APLICACIÓN DEL MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES	122

3.8.1	Factor de calibración para segmentos de dos sentidos.....	122
3.8.2	Factor de calibración para intersecciones de dos sentidos.....	123
3.9	SELECCIONAR Y APLICAR SPF.....	125
3.9.1	SPF para segmentos de dos sentidos.....	125
3.9.2	SPF para intersecciones de dos sentidos.....	127
3.10	APLICAR AMF (FACTOR QUE MODIFICA ACCIDENTE)	130
3.10.1	Aplicación de AMFr en segmentos de dos sentidos	130
3.10.2	Aplicación de AMFri en intersecciones de dos sentidos	139
3.11	FACTOR DE CALIBRACIÓN.....	146
3.12	SUMATORIA DE SITIOS Y AÑOS.....	149
3.13	PLAN DE MEJORAMIENTO DE SEGURIDAD VIAL CON HSM.....	150
3.13.1	Tratamientos de estacionamiento con AMF	150
3.13.2	Instalación de señales combinadas de alineación horizontal/velocidad	161
3.13.3	Modificar ancho de carril.....	163
3.13.4	Tratamientos para calmar el tráfico con AMF	165
3.13.5	Efectos de choque del alumbrado en vías	168
3.13.6	Tratamientos recomendados por el manual HSM sin aplicación de AMF	171
3.14	PRESUPUESTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	173

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1 EL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL (HSM, 2010) EN SU PARTE C.....	179
4.1.1 Factores de calibración	180
4.1.2 Factor de modificación de accidentes (amf)	181
4.1.3 Accidentes totales para los tramos en estudio.....	183
4.1.4 El Manual de Seguridad Vial (HSM, 2010) en su parte D	186

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 CONCLUSIONES.....	189
5.2 RECOMENDACIONES	193

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo I VELOCIDAD DE PUNTO

Anexo II VOLUMEN DE TRÁFICO

Anexo III DATOS DE ACCIDENTES OCURRIDOS

Anexo IV VERACIDAD DE DATOS

Anexo V CARTA DEL COMANDO DEPARTAMENTAL DE POLICÍA

Anexo VI PLANO DE SEGURIDAD VIAL TRAMO: A-B - SUB TRAMO 1

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Variables	5
Tabla 1.2 Detalle de tramos y sub tramos de estudio.....	7
Tabla 1.3 Esquema de Perspectiva.....	8
Tabla 1.4 Inventario de Parámetros	9
Tabla 2.1 Número de personas muertas y heridas en accidentes de tránsito	15
Tabla 2.2 Tipo de accidentes y situación de la víctima, según departamento	16
Tabla 2.3 Organización del HSM	28
Tabla 2.4 Metodología del Método Predictivo para vías urbanas HSM 2010.....	29
Tabla 2.5 Tipo de Aparcamiento.....	39
Tabla 2.6 Factor desplazamiento de Objetos Fijos	40
Tabla 2.7 Proporción de accidentes por objetos fijos	41
Tabla 2.8 Ancho de mediana de segmentos de vía divididos	40
Tabla 2.9 Proporción de accidentes nocturnos para vías sin iluminación.....	42
Tabla 2.10 Número de Acercamientos.....	43
Tabla 2.11 Tipo de Giro Escalonado Señalado.....	44
Tabla 2.12 Número de acercamientos.....	45
Tabla 3.1 Área Urbana Ciudad de Tarija	50
Tabla 3.2 Intersecciones pertenecientes a los tramos de estudio	53
Tabla 3.3 Ficha de recolección de datos	57
Tabla 3.4 Determinación de horas pico.....	58
Tabla 3.5 Horas pico	59

Tabla 3.6 Volumen de intersección 1 del tramo A-B.....	60
Tabla 3.7 Volumen de intersección 2 del tramo A-B.....	61
Tabla 3.8 Volumen de intersección 3 del tramo A-B.....	62
Tabla 3.9 Volumen de intersección 4 del tramo A-B.....	63
Tabla 3.10 Volumen de Tráfico en el tramo A-B	64
Tabla 3.11 Volumen de Tráfico en el tramo C-D	64
Tabla 3.12 Volumen de Tráfico en el tramo D-E.....	64
Tabla 3.13 Volumen de Tráfico en el tramo F-G.....	65
Tabla 3.14 TPDA de otros años a partir de índices de crecimiento.....	66
Tabla 3.15 Velocidad de punto del sub tramo 1.....	67
Tabla 3.16 Velocidad de punto del sub tramo 2.....	68
Tabla 3.17 Velocidad de punto del sub tramo 3.....	69
Tabla 3.18 Velocidad de punto del sub tramo 3.....	70
Tabla 3.19 Resultados de velocidad de punto del sub tramo 1	71
Tabla 3.20 Resultados de la velocidad de punto del sub tramo 2	71
Tabla 3.21 Resultados de la velocidad de punto del sub tramo 3	72
Tabla 3.22 Resultados de la velocidad de punto del sub tramo 4	73
Tabla 3.23 Velocidad de punto Tramo A-B.....	73
Tabla 3.24 Velocidad de punto Tramo C-D.....	74
Tabla 3.25 Velocidad de punto Tramo D-E	74
Tabla 3.26 Velocidad de punto Tramo F-G	74
Tabla 3.27 Características geométricas del área de estudio.....	98
Tabla 3.28 Clasificación de accidentes del tramo A-B.....	100

Tabla 3.29 Clasificación de accidentes del tramo C-D	101
Tabla 3.30 Clasificación de accidentes del tramo D-E	101
Tabla 3.31 Clasificación de accidentes del tramo D-E	102
Tabla 3.32 Accidentes Según Severidad y Daños Materiales.....	103
Tabla 3.33 Accidentes Según Horario	104
Tabla 3.34 Accidentes Según Locación	106
Tabla 3.35 Tipo de accidentes.....	107
Tabla 3.36 Datos para calibración en segmentos de dos sentidos.....	111
Tabla 3.37 Calibración en segmentos de dos sentidos (2U)	112
Tabla 3.38 Depuración de datos de dos sentidos en intersección (2U).....	118
Tabla 3.39 Calibración de dos sentidos en intersección (2U).....	119
Tabla 3.40 Sistema de ecuaciones para segmentos de dos sentidos	120
Tabla 3.41 Calibración de Cr para Segmento (2U).....	123
Tabla 3.42 Calibración de Ci para Intersección (2U)	124
Tabla 3.43 Calibración de Ci para intersección (2U).....	124
Tabla 3.44 Longitud de cada sub – tramo para segmento (2U)	125
Tabla 3.45 TPDA de los años en estudio para Segmento (2U).....	125
Tabla 3.46 Accidentes/ año para Segmento (2U).....	126
Tabla 3.47 Nspf accidentes/año para Segmento (2U).....	127
Tabla 3.48 TPDA máx. de los años en estudio para Intersección (2U)	128
Tabla 3.49 TPDA min los años en estudio para Intersección (2U).....	128
Tabla 3.50 Accidentes/ año para Intersección (2U)	128
Tabla 3.51 Nspf accidentes/año para Intersección (2U)	130

Tabla 3.52 Estacionamiento de los tramos en estudio	131
Tabla 3.53 Longitud de segmentos de vías	131
Tabla 3.54 factor de tipo de estacionamiento.....	132
Tabla 3.55 Cálculo del AMF1r	132
Tabla 3.56 Densidad de objetos fijos en los tramos de estudio	133
Tabla 3.57 Factor de distancia a objetos fijos	133
Tabla 3.58 Longitud a objetos fijos en los tramos de estudio.....	133
Tabla 3.59 Proporción de accidentes por objetos fijos	134
Tabla 3.60 Cálculo del AMF2r	134
Tabla 3.61 Factor de ancho del medio de segmentos de vía divididos	135
Tabla 3.62 Iteración del factor del ancho del medio de segmentos	135
Tabla 3.63 Cálculo del AMF3r	135
Tabla 3.64 Proporción de accidentes nocturnos para vías sin iluminación.....	136
Tabla 3.65 Cálculo del AMF4r	137
Tabla 3.66 Cálculo del AMF5r	138
Tabla 3.67 Factores que modifican accidentes en intersecciones	139
Tabla 3.68 Número de Acercamientos.....	139
Tabla 3.69 Cálculo del AMF1i para las intersecciones en estudio	140
Tabla 3.70 Tipo de Giro Escalonado Señalado.....	140
Tabla 3.71 Tipo de Giro Escalonado Señalado.....	140
Tabla 3.72 Cálculo del AMF2i para las intersecciones en estudio	141
Tabla 3.73 Número de acercamientos.....	141
Tabla 3.74 Número de acercamientos.....	142

Tabla 3.75 Cálculo del AMF4i para las intersecciones en estudio	143
Tabla 3.76 Accidentes según horario	143
Tabla 3.77 Cálculo del AMF5i para las intersecciones en estudio	144
Tabla 3.78 Número de Acercamientos.....	145
Tabla 3.79 Cálculo del AMF6i para las intersecciones en estudio	145
Tabla 3.80 Factores que modifican accidentes en intersecciones.....	146
Tabla 3.81 Cálculo del coeficiente Cr aplicado a nuestro medio.....	147
Tabla 3.82 Cálculo del factor de calibración Cr para segmentos de dos sentidos	148
Tabla 3.83 Cálculo del coeficiente Ci aplicado a nuestro medio.....	149
Tabla 3.84 Cálculo del factor de calibración Ci para intersecciones de dos sentidos....	149
Tabla 3.85 Número de accidentes totales para los tramos en estudio.....	150
Tabla 3.86 Resultados obtenidos en los tramos de estudio.....	150
Tabla 3.87 Accidentes ocurridos en el tramo C-D.....	153
Tabla 3.88 Tipo de estacionamiento	153
Tabla 3.89 Accidentes ocurridos en el tramo D-E.....	156
Tabla 3.90 Tipo de estacionamiento	156
Tabla 3.91 Tipo de estacionamiento	158
Tabla 3.92 Accidentes ocurridos en el tramo A-B.....	159
Tabla 3.93 Accidentes ocurridos en el tramo F-G	161
Tabla 3.94 Accidentes ocurridos en el tramo D-E.....	162
Tabla 3.95 Alineación horizontal señales de advertencia de velocidad.....	162
Tabla 3.96 AMF para ancho de carril en segmentos de via de dos carriles.....	164
Tabla 3.97 Accidentes ocurridos en el tramo F-G	164

Tabla 3.98 Instalación de reducción de velocidad	166
Tabla 3.99 Accidentes ocurridos en el tramo A-B	167
Tabla 3.100 Accidentes ocurridos en el tramo D-E	171
Tabla 3.101 Análisis de precios de señalización vertical.....	174
Tabla 3.102 Análisis de precios de señalización vertical.....	175
Tabla 3.103 Análisis de precios para luminaria	176
Tabla 3.104 Análisis de precios de señalización horizontal	177
Tabla 3.105 Análisis de precios de reductor de velocidad.....	178
Tabla 4.1 Cálculo del coeficiente Cr para segmentos de dos sentidos.....	180
Tabla 4.2 Cálculo del coeficiente Ci para intersecciones de dos sentidos	180
Tabla 4.3 Factores que modifican accidentes en segmentos	181
Tabla 4.4 Factores que modifican accidentes en intersecciones	182
Tabla 4.5 Número de accidentes totales para los tramos en estudio	184
Tabla 4.6 Resultados obtenidos en los tramos de estudio	185

ÍNDICE DE IMAGENES

	Página
Imagen 2.1 Situación Internacional en siniestros de tránsito.....	13
Imagen 2.2 Elementos de la infraestructura vial.....	23
Imagen 3.1 Ubicación de los tramos en estudio.....	52
Imagen 3.2 Vehículos Livianos	54
Imagen 3.3 Vehículos Comerciales de dos ejes	55
Imagen 3.4 Automóviles de Mayores Dimensiones	55
Imagen 3.5 Vehículo comercial articulado	56
Imagen 3.6 Accesos del sub tramo 1.....	71
Imagen 3.7 Accesos del sub tramo 2.....	72
Imagen 3.8 Accesos del sub tramo 3.....	72
Imagen 3.9 Accesos del sub tramo 4.....	73
Imagen 3.10 Intersección: Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina.....	76
Imagen 3.11 Intersección: Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina.....	76
Imagen 3.12 Inspección visual de la intersección.....	77
Imagen 3.13 Intersección Av. Circunvalación y Calle Mejillones	78
Imagen 3.14 Intersección Av. Circunvalación y Calle Mejillones	78
Imagen 3.15 Inspección visual de la intersección.....	79
Imagen 3.16 Intersección: Av. Circunvalación y Calle Santa Cruz.....	80
Imagen 3.17 Inspección visual de la intersección.....	80
Imagen 3.18 Intersección: Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco y Delio Echazu	81
Imagen 3.19 Intersección: Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco y Delio Echazu	81

Imagen 3.20 Inspección visual de la intersección.....	82
Imagen 3.21 Intersección: Av. Circunvalación y Av. La Paz.....	84
Imagen 3.22 Intersección: Av. Circunvalación y Av. La Paz.....	84
Imagen 3.23 Inspección visual de la intersección.....	85
Imagen 3.24 Intersección: Av. La Paz y calle Ingavi	85
Imagen 3.25 Inspección visual de la intersección.....	86
Imagen 3.26 Intersección: Av. Jaime Paz y Avenida La Paz.....	86
Imagen 3.27 Inspección visual de la intersección.....	87
Imagen 3.28 Intersección: Av. Víctor Paz y Calle Méndez	89
Imagen 3.29 Inspección visual de la intersección.....	89
Imagen 3.30 Intersección: Av. Víctor Paz y Calle Ballivián	90
Imagen 3.31 Inspección visual de la intersección.....	90
Imagen 3.32 Intersección: Av. Panamericana y Calle Domingo Paz	91
Imagen 3.33 Inspección visual de la intersección.....	91
Imagen 3.34 Intersección: Av. Panamericana y Av. Froilán Tejerina	92
Imagen 3.35 Inspección visual de la intersección.....	92
Imagen 3.36 Intersección: Cochabamba y Humberto Porto Carrero	94
Imagen 3.37 Inspección visual de la intersección.....	94
Imagen 3.38 Intersección: Cochabamba y Corazón de Jesús	95
Imagen 3.39 Inspección visual de la intersección.....	95
Imagen 3.40 Intersección: Calle Cochabamba y Calle Campero.....	96
Imagen 3.41 Inspección visual de la intersección.....	96
Imagen 3.42 Intersección: Calle Cochabamba y Calle Méndez	97

Imagen 3.43 Inspección visual de la intersección.....	97
Imagen 3.44 Fotografías de medición de longitudes requeridas.....	99
Imagen 3.45 Tipos de Estacionamientos.....	151
Imagen 3.46 Estacionamientos angulares sobre la Av. La Paz.....	152
Imagen 3.47 Estacionamientos angulares sobre la Av. Cochabamba.....	155
Imagen 3.48 Vehículos estacionados en lugares no permitidos.....	158
Imagen 3.49 Vehículos estacionados en lugares no permitidos.....	160
Imagen 3.50 Señalización horizontal de velocidad.....	162
Imagen 3.51 Ancho de carril.....	163
Imagen 3.52 Lomos de velocidad	166
Imagen 3.53 Tráfico vehicular en la Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco	167
Imagen 3.54 Alumbrado en vías	168

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 3.1 Determinación de horas pico	58
Gráfico 3.2 Accidentes según severidad y daños materiales	104
Gráfico 3.3 Accidentes según horario	105
Gráfico 3.4 Accidentes según colisión.....	105
Gráfico 3.5 Accidentes según colisión.....	106
Gráfico 3.6 Accidentes según Locación.....	107
Gráfico 3.7 Tipos de accidentes	108
Gráfico 3.8 Frecuencia media de accidentes (Nspf seg) (2U)	114
Gráfico 3.9 Frecuencia Media de Accidentes (Nspf int) (2U).....	121