

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“GESTION DE SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS APLICADA A LA RED
FUNDAMENTAL DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA”**

Por:

ALEX FRED SOLIZ GOMEZ

Modalidad de graduación Proyecto de Grado presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

SEMESTRE I - 2025

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

A mi madre que fue el pilar fundamental en mi formación para llegar a esta meta de ser ingeniero.

ÍNDICE GENERAL
CAPÍTULO I
DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

	Página
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
1.2.1 Problema de investigación.....	3
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 HIPÓTESIS.....	4
1.6 VARIABLES.....	4
1.6.1 Variables dependientes	6
1.6.2 Variables independientes	7
1.7 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.8 UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.....	7
1.8.1 Unidad de estudio	7
1.8.2 Población	7
1.8.3 Muestra	7
1.8.4 Selección de las técnicas de muestreo	7
1.9 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS	7
1.9.1 Definición de Métodos y técnicas	7
1.9.2 Técnicas.....	8
1.10 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	10
1.11 PROCESO METODOLOGICO DEL TRABAJO.....	12
1.12 ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN.....	13

CAPÍTULO II

SEGURIDAD VIAL Y ANALISIS DEL INDICE DE PELIGROSIDAD EN CARRETERAS

2.1	ASPECTOS GENERALES DE INGENIERÍA DE TRAFICO.....	14
2.1.1	Definición.....	14
2.1.2	Sistema de transporte.....	14
2.1.3	Elementos fundamentales del trafico	15
2.1.3.1	Elemento usuario	15
2.1.3.2	Conductor	15
2.1.3.2.1	El peatón.....	17
2.1.3.2.2	Elemento vehículo.....	17
2.1.3.2.3	Características físicas.....	18
2.1.4	Volúmenes de trafico	19
2.1.4.1	Definición.....	19
2.1.4.2	Transito promedio diario (TPD).....	19
2.1.4.3	Transito promedio horario (TPH).....	19
2.1.4.4	Recuento de volúmenes de trafico.....	19
2.1.4.4.1	Recuento automático	20
2.1.4.4.2	Recuento manual	20
2.1.4.4.3	Alternativas de aforo	20
2.1.4.5	Periodo de recuento	21
2.1.4.5.1	Recuentos permanentes	21
2.1.4.5.2	Recuento periódico	21
2.1.4.5.3	Recuento de tiempo específico	22
2.1.5	Velocidades de trafico	22
2.1.5.1	Definición.....	22
2.1.5.2	Velocidad de punto	23
2.1.5.2.1	Método de medición	23
2.1.5.2.2	El método del cronometro	23
2.1.5.2.3	El método del enoscopio	23
2.1.5.2.4	El método del radar métrico	24

2.1.5.3	Velocidad directriz o de proyecto	24
2.2	ASPECTOS GENERALES SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS DE TOPOGRAFÍA MONTAÑOSA.....	25
2.2.1	Tipos de carreteras.....	25
2.2.2	Clasificación funcional para diseño carreteras y caminos rurales.....	26
2.2.3	Accidentalidad	29
2.2.3.1	Panorámica mundial de la accidentalidad	29
2.2.3.2	Panorama de la accidentalidad en Bolivia.....	31
2.3	DISPOSITIVOS DE CONTROL DE SEGURIDAD VIAL	31
2.3.1	Definición.....	31
2.3.2	Señalización vertical.....	32
2.3.2.1	Señales preventivas	32
2.3.2.1.1	Objetivo	32
2.3.2.1.2	Forma	32
2.3.2.1.3	Color	32
2.3.2.1.4	Ubicación	33
2.3.2.1.5	Clasificación	33
2.3.2.2	Señales reglamentarias	33
2.3.2.2.1	Objetivo	34
2.3.2.2.2	Forma	34
2.3.2.2.3	Color	34
2.3.2.2.4	Ubicación	35
2.3.2.2.5	Clasificación	35
2.3.2.3	Señales informativas.....	36
2.3.2.3.1	Objetivo	36
2.3.2.3.2	Forma	36
2.3.2.3.3	Color	37
2.3.2.3.4	Ubicación	38
2.3.2.3.5	Mensaje.....	38
2.3.2.3.6	Flechas	39

2.3.2.3.7	Clasificación	39
2.3.3	Señalización horizontal	39
2.3.3.1	Líneas longitudinales.....	39
2.3.3.1.1	Líneas de eje	40
2.3.3.1.2	Definición de líneas de eje (diseño de zonas de no adelantamiento)	42
2.3.3.2	Líneas de carril	43
2.3.3.2.1	Línea blanca discontinua	43
2.3.3.2.2	Línea blanca continua	46
2.3.3.3	Otras líneas longitudinales	46
2.3.3.3.1	Líneas de prohibición de estacionamiento	46
2.3.3.3.2	Líneas de transiciones para reducción de pistas	47
2.3.3.4	Líneas transversales.....	48
2.3.3.4.1	Líneas de detención	48
2.3.3.4.2	Cruce controlado por señal ceda el paso	48
2.3.3.4.3	Cruce controlado por señal pare	48
2.3.3.5	Líneas de cruce.....	49
2.3.3.5.1	Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebra	49
2.3.3.6	Símbolos y leyendas.....	51
2.3.3.7	Flechas.....	52
2.3.3.8	Otras demarcaciones.....	53
2.3.3.8.1	Achurados	53
2.3.3.8.2	Bloqueo de cruces	55
2.3.3.9	Resaltos	55
2.3.3.10	Bordes y bandas alertadoras	58
2.3.3.11	Franjas sonoras.....	59
2.3.3.12	Distanciadores	59
2.3.3.13	Tachas.....	60
2.4	OTROS DISPOSITIVOS DE CONTROL.....	60
2.4.1	Flex-Beam o guardavías.....	60
2.4.1.1	Definición.....	60
2.4.1.1.1	Funciones objetivas del flex-Beam.....	61

2.4.1.1.2	Componentes y especificaciones del flex-beam o guardavías.....	61
2.5	METODOLOGIA, DESARROLLO Y EVALUACION DE LA SEGURIDAD VIAL EN TRAMOS DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES	63
2.5.1	Puntos de peligrosidad.....	63
2.5.2	Tramos de concentración de accidentes	63
2.5.3	Métodos para la identificación de los tramos de concentración de accidentes	64
2.5.3.1	Método del índice de peligrosidad	64
2.5.3.1.1	Pasos para la aplicación del método del índice de peligrosidad	65
2.5.3.1.2	Nuevo método del índice de peligrosidad	65
2.5.3.2	Método del número o frecuencia de accidentes	67
2.5.3.3	Análisis del método	68
2.5.3.3.1	Pasos para la aplicación del método número o frecuencia de accidentes	70
2.5.3.4	Método de la tasa de accidentes	71
2.5.3.4.1	Pasos para la aplicación del método de la tasa de accidentes	71
2.5.3.4.2	Análisis del método	72
2.6	SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS.....	73
2.6.1	Situación actual de la seguridad vial en Bolivia.....	74
2.6.1.1	Factores que intervienen en la seguridad vial	75
2.6.1.2	Factor humano	75
2.6.1.3	Factor vehicular	77
2.6.1.4	Factor meteorológico - La vía pública y su entorno.....	78
2.6.2	Educación en seguridad vial.....	83
2.6.3	Procedimiento para la evaluación de la seguridad vial en los tramos de concentración de accidentes TCA	84

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA VALORACIÓN DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LOS TCA

3.1	UBICACIÓN	85
-----	-----------------	----

3.2	IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA CARRETERA TARIJA-PADCAYA	86
3.3	RECOPIACIÓN DE DATOS Y PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	87
3.3.1	Determinación de los volúmenes de tráfico en la carretera de estudio	87
3.3.2	Determinación de la velocidad media de recorrido en los posibles TCA (tramos de concentración de accidentes) en la carretera Tarija-Padcaya ...	90
3.4	RECOPIACIÓN DE DATOS DE ACCIDENTES	92
3.4.1	Inspección en campo de los dispositivos de control a lo largo de la carretera	93

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1	ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA VÍA	123
4.1.1	Aplicación del método: índice de peligrosidad	126
4.1.1.1	Resultados de índice de peligrosidad	126
4.1.1.2	Verificación TCA mediante el método del índice de peligrosidad.....	127
4.1.2	Nuevo método del índice de peligrosidad	127
4.1.2.1	Aplicación método del número o frecuencia de accidentes	128
4.1.2.1.1	Identificación de TCA bajo el criterio de la media	128
4.1.2.2	Determinación de valores de frecuencia media.....	128
4.1.2.3	Verificación de TCA, criterio de la media.....	129
4.1.2.4	Identificación De TCA según el criterio del nivel de confianza	129
4.1.2.4.1	Determinación de valores de desviación estándar	129
4.1.2.4.2	Verificación de TCA, criterio del nivel de confianza.	129
4.1.3	Aplicación método de la tasa de accidentes	130
4.1.3.1	Localización de TCA según el criterio de la media.....	130
4.1.3.2	Determinación de la tasa de accidentes.....	130
4.1.3.3	Determinación de valores de la tasa media	131
4.1.3.3.1	Verificación de TCA, criterio de la media	131
4.1.3.3.2	Determinación de TCA bajo el criterio del nivel de confianza.....	131
4.1.3.3.3	Determinación de valores de desviación estándar	131

4.1.3.3.4	Verificación de TCA, criterio del nivel de confianza	132
4.1.4	Determinación de los tramos de concentración de accidentes (TCA).....	132
4.1.5	Valoración de las medidas de seguridad vial de los TCA de la carretera Tarija-Padcaya	132
4.1.5.1	TCA 1 curva prog. 8+100 pasando bodegas campos de solana	132
4.1.5.1.1	Factor humano	134
4.1.5.1.2	Factor vehicular	134
4.1.5.1.3	Factor meteorológico - La vía pública y su entorno	134
4.1.5.1.4	Condiciones meteorológicas del TCA 1	134
4.1.5.1.5	Características geométricas del TCA 1	134
4.1.5.1.6	Señalización del TCA 1	135
4.1.5.2	Evaluación de la seguridad vial en el TCA 1	136
4.1.5.2.1	Dispositivos de control de seguridad Vial	136
4.1.5.3	TCA 2 prog. 16+110 pasando cruce La Choza.....	139
4.1.5.3.1	Factor humano	140
4.1.5.3.2	Factor vehicular	141
4.1.5.3.3	Factor meteorológico - La vía pública y su entorno	141
4.1.5.3.4	Condiciones meteorológicas del TCA 2	141
4.1.5.3.5	Características geométricas del TCA 2	141
4.1.5.3.6	Señalización del TCA 2	141
4.1.5.3.7	Evaluación del TCA 2	142
4.1.6	TCA 3 prog. 22+000 antes de llegar al puente de la Ventolera	143
4.1.6.1	Factor humano	144
4.1.6.2	Factor vehicular	145
4.1.6.3	Factor meteorológico - La vía pública y su entorno.....	145
4.1.6.4	Condiciones meteorológicas del TCA 3	145
4.1.6.5	Señalización del TCA 3	146
4.1.7	TCA 4 prog. 34+500 comunidad de Colon Sud	147
4.1.7.1	Factor humano	149
4.1.7.2	Factor vehicular	149
4.1.7.3	Factor meteorológico - La vía pública y su entorno.....	149

4.1.7.4	Condiciones meteorológicas del TCA 4	149
4.1.7.5	Señalización del TCA 4	150
4.1.7.6	Evaluación del TCA 4	151
4.1.8	Análisis y valoración de resultados	155
4.1.8.1	Volumen de tráfico	155
4.1.9	Análisis comparativo y de consistencia de los resultados de los distintos métodos de identificación de TCA	157
4.1.10	Velocidad de recorrido y velocidad de proyecto	159
4.1.11	Dispositivos de seguridad vial.....	160
4.1.12	Valoración de las medidas de seguridad en los TCA	161
4.2	PLAN DE SEGURIDAD VIAL	161
4.2.1	Resumen de resultados de accidentabilidad	161
4.2.1.1	Probabilidad de sufrir un accidente de severidad mayor.....	162
4.2.1.2	Resumen del planteamiento de acciones	163
4.2.1.3	Detalle técnico de las soluciones propuestas.....	164

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	170
5.2	RECOMENDACIONES.....	172

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXO I	CALCULO DEL TPDA
ANEXO II	CÁLCULO DE VELOCIDADES
ANEXO III	INVENTARIO DE SEÑALIZACIÓN
ANEXO IV	IMÁGENES GOOGLE EARTH DE LOS TCA
ANEXO V	IMÁGENES DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL
ANEXO VI	REGISTRO DE ACCIDENTES DE TRANSITO
ANEXO VII	PLANO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N ^a 2.1 Víctimas mortales del tránsito (por cada 100000 habitantes).....	30
Figura N ^a 2.2 Ancho de orla.....	37
Figura N ^a 2.3 Diseño línea discontinua.....	40
Figura N ^a 2.4 Ejemplo de líneas continuas dobles.....	41
Figura N ^a 2.5 Ejemplo de líneas de pistas segmentadas	44
Figura N ^a 2.6 Relaciones de demarcación para pistas auxiliares de incorporación y/egreso	45
Figura N ^a 2.7 Línea de detención ceda el paso	48
Figura N ^a 2.8 Señalización horizontal en cruce regulado señal pare	49
Figura N ^a 2.9 Largo paso peatones frente a un alto flujo peatonal	50
Figura N ^a 2.10 Señalización horizontal en cruce peatonal tipo paso de cebra.....	51
Figura N ^a 2.11 Demarcación tipo achurado central	54
Figura N ^a 2.12 Demarcación tipo achurado bifurcación divergente y convergente.....	54
Figura N ^a 2.13 Demarcación tipo bloqueo de cruces.....	55
Figura N ^a 2.14 Resalto	56
Figura N ^a 2.15 Esquema de funcionamiento de los resaltos tipo cojín.....	57
Figura N ^a 2.16 Borde alertador	58
Figura N ^a 2.17 Franjas sonoras	59
Figura N ^a 2.18 Relación entre el N ^o de accidentes y TMDA para tasa constante – método de la tasa	72
Figura N ^a 3.1 Ubicación geográfica de la ruta en estudio.....	86
Figura N ^a 3.2 Carretera en estudio Tarija-Padcaya	87
Figura N ^a 3.3 Tráfico promedio diario diferenciado por tipo de vehículo	89
Figura N ^a 3.4 Tráfico Total semanal diferenciado por tipo de vehículo	90
Figura N ^a 4.1 Vista aérea TCA 1	133
Figura N ^a 4.2 Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 1.....	133
Figura N ^a 4.3 Vista aérea señalización TCA 1	135
Figura N ^a 4.4 Vista aérea dispositivos de control TCA 1.....	136

Figura Nª 4.5 Mojones de seguridad TCA 1	136
Figura Nª 4.6 Flexo-beam TCA 1	137
Figura Nª 4.7 Señal reglamentaria 80 km/hr TCA 1	137
Figura Nª 4.8 Vista aérea lugares de accidentes TCA 1	138
Figura Nª 4.9 Vista aérea TCA 2	139
Figura Nª 4.10 Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 2.....	140
Figura Nª 4.11 Vista aérea señalización TCA 2	141
Figura Nª 4.12 Señal informativa cruce de carretera con curva vecinal derecha TCA 2	142
Figura Nª 4.13 Vista aérea lugares de accidentes TCA 2	143
Figura Nª 4.14 Vista aérea TCA 3	143
Figura Nª 4.15 Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 3.....	144
Figura Nª 4.16 Vista aérea señalización TCA 3	146
Figura Nª 4.17 Informativa Puente después de la curva y en pendiente TCA 3	146
Figura Nª 4.18 Señal reglamentaria no adelantar TCA 3	147
Figura Nª 4.19 Señal informativa de Zona escolar TCA 3.....	147
Figura Nª 4.20 Vista aérea TCA 4	148
Figura Nª 4.20 Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 4.....	148
Figura Nª 4.22 Vista Aérea Señalización TCA 4.....	150
Figura Nª 4.23 Señal preventiva vía lateral derecha TCA 4	151
Figura Nª 4.24 Señal preventiva vía lateral izquierda TCA 4	151
Figura Nª 4.25 Señal preventiva superficie ondulada TCA 4	152
Figura Nª 4.26 Reductores de velocidad en mal estado TCA 4	152
Figura Nª 4.27 Vista aérea lugares de accidentes TCA 4	153
Figura Nª 4.28 Falta de pintado y ojos de gato del TCA 4.....	153
Figura Nª 4.29 Propuesta, pintura y señalización del tramo a estudio del TCA 4	154
Figura Nª 4.30 Calzada para el tránsito de peatones angosta TCA 4	154
Figura Nª 4.31 Gráfica de Tráfico promedio diario diferenciado por tipo de vehículo .	156
Figura Nª 4.32 Gráfica de Tráfico Total semanal diferenciado por tipo de vehículo.....	157
Figura Nª 4.33 Gráfico de velocidad de diseño y media de recorrido	160

Figura N° 4.34 Grafica porcentual de probabilidad de sufrir un accidente en la carretera Tarija-Padcaya	162
Figura N° 4.35 Señal Reglamentaria velocidad Max 80 km/h	165
Figura N° 4.36 Informativa de Zona escolar	166
Figura N° 4.37 Señal Reglamentaria no Adelantar.....	168
Figura N° 4.38 Señal informativa curva.....	169

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1.1 Variables independientes.....	4
Tabla N° 1.2 Variables dependientes.....	6
Tabla N° 2.1 de dimensiones de Automóviles	18
Tabla N° 2.2 de dimensiones de Camiones.....	18
Tabla N° 2.3 de dimensiones de Autobuses	18
Tabla Nª 2.4 Accidentes de tránsito en Bolivia.....	31
Tabla Nª 2.5 Ancho de orla	37
Tabla Nª 2.6 Distancia de adelantamiento mínima	43
Tabla Nª 2.6 Relación demarcación / brecha en línea de pistas	44
Tabla Nª 2.7 Longitud mínima de la zona de transición	47
Tabla Nª 2.8 Separación entre distanciadores	60
Tabla Nª 2.9 Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes.	65
Tabla Nª 2.10 Criterios para la aplicación del nuevo método del índice de peligrosidad	66
Tabla Nª 2.11 Valores de las constantes P y N – Nuevo método del índice de peligrosidad	67
Tabla Nª 2.12 Nivel Confianza en función del valor de “k”	70
Tabla Nª 3.1 Aforo de tráfico promedio diario.....	88
Tabla Nª 3.2 Aforo de tráfico semanal	89
Tabla Nª 3.3 Velocidad media de recorrido.....	91
Tabla Nª 3.4 Resumen de accidentes de tránsito gestión 2015-2019.....	92
Tabla Nª 3.5 Criterios de evaluación superficial del estado actual existente de la vía	94
Tabla Nª 3.3 Ficha de evaluación del estado superficial de la vía	95
Tabla Nª 4.1 Análisis de estado de la vía	123
Tabla Nª 4.2 Detalles de accidentes en la carretera Tarija-Padcaya.....	125
Tabla Nª 4.3 ACV de cada sub-tramo en cada año del periodo de estudio	126
Tabla Nª 4.4 Resultados del índice de peligrosidad	126
Tabla Nª 4.5 Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes.	127
Tabla Nª 4.6 Verificación TCA – Método índice de peligrosidad.....	127
Tabla Nª 4.7 Resumen de datos de accidentes	128

Tabla N ^a 4.8 Valores de frecuencia media.....	128
Tabla N ^a 4.9 Identificación de TCA criterio de la media	129
Tabla N ^a 4.10 Valores de desviación estándar.....	129
Tabla N ^a 4.11 Identificación de TCA criterio del nivel de confianza.....	129
Tabla N ^a 4.12 Tasa de accidentes determinadas en cada sub-tramo.....	130
Tabla N ^a 4.13 Valores De Tasa Media.....	131
Tabla N ^a 4.14 Identificación de TCA criterio de la media	131
Tabla N ^a 4.15 Valores de desvío de la tasa.....	131
Tabla N ^a 4.16 Identificación de TCA, criterio del nivel de confianza	132
Tabla N ^a 4.17 Velocidades TCA 1	134
Tabla N ^a 4.17 Características geométricas del TCA 1	135
Tabla N ^a 4.18 Inventario en el TCA 1	135
Tabla N ^a 4.19 Velocidades superiores a las reglamentarias TCA 1.....	138
Tabla N ^a 4.20 Velocidades TCA 2.....	140
Tabla N ^a 4.21 Inventario en el TCA 1	142
Tabla N ^a 4.22 Velocidades TCA 3.....	144
Tabla N ^a 4.23 Inventario en el TCA 3	146
Tabla N ^a 4.24 Velocidades TCA 4.....	149
Tabla N ^a 4.25 Inventario en el TCA 4	150
Tabla N ^a 4.26 Resumen de aforo de tráfico promedio diario	155
Tabla N ^a 4.27 Resumen de aforo de tráfico semanal	156
Tabla N ^a 4.28 Identificación de TCA bajo el criterio de la media	158
Tabla N ^a 4.29 Identificación de TCA bajo el criterio del nivel de confianza.....	158
Tabla N ^a 4.30 Velocidad de diseño en comparación con la velocidad media de recorrido	159
Tabla N ^a 4.31 accidentes ocurridos en la carretera Tarija-Padcaya.....	161
Tabla N ^a 4.32 Tabla de resultados de probabilidad de sufrir un accidente en la carretera Tarija-Padcaya	162
Tabla N ^a 4.33 Resumen de soluciones propuestas en cada intersección.....	163
Tabla N ^a 4.34 Soluciones propuestas – Tramo de estudio No 1.....	164
Tabla N ^a 4.35 Soluciones propuestas – Tramo de estudio No 2.....	165

Tabla N ^a 4.36 Soluciones propuestas – Tramo de estudio No 3.....	167
Tabla N ^a 4.37 Soluciones propuestas – Tramo de estudio No 4.....	168