

CAPÍTULO I
GENERALIDADES

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tránsito se han convertido en un problema de salud pública, generan un gran impacto en la sociedad y a nivel económico, por ello es materia de análisis y la prevención de los accidentes en todo el mundo se ha vuelto una prioridad, el índice de muertes por accidente de tránsito es elevado y todo lo que se haga en pro de prevenirlos es valioso.

La falta de conocimiento o poco interés en Tarija, por la Seguridad Vial es un grave problema para la ciudad, como sabemos la seguridad de las personas es uno de los principios de la Ingeniería Civil, por ello mediante proyecto se buscara reducir y/o eliminar los factores que generen riesgos para la integridad física de las personas, por tanto las vías que son escenario común de los accidentes, donde las características geométricas de la misma, los dispositivos de control de tránsito y demás son factores que influyen en la generación de estos accidentes, los cuales deben ser analizados para determinar su incidencia y las consecuencias negativas para las personas usuarios de las vías.

En la actualidad, para reducir el riesgo de accidentes en las vías, es necesario utilizar normas y guías de diseño geométrico con adecuados análisis respecto de la seguridad esperada. La sola aplicación de las normas no produce caminos seguros, el análisis puede realizarse mediante inspecciones o auditorías de seguridad vial, evaluación de la coordinación plan alimétrica, análisis de consistencia del diseño o estimación de accidentes. El presente proyecto tiene como problema la ocurrencia de accidentes en intersecciones urbanas, la carencia de registros detallados de los accidentes y el incumplimiento de una buena gestión de la seguridad vial en la provincia cercado del departamento de Tarija.

Como zona de aplicación del estudio se escogió vías urbanas con mayor índice de accidentabilidad, de los datos proporcionados por el comando departamental de la Policía.

El objetivo es aplicar el método del manual HSM para evaluar la seguridad vial de intersecciones urbanas con la ocurrencia de accidentes, de manera cualitativa y cuantitativa a base de estudios de ingeniería de tránsito. Este método nos ayuda a obtener un mejor panorama para la gestión de proyectos de seguridad vial en intersecciones.

Este trabajo simboliza un aporte para el desarrollo y planificación de seguridad vial, disminuyendo los accidentes de tránsito que afectan a la población; también puede tomarse como un ejemplo para las demás ciudades en vías de desarrollo del departamento de Tarija, sirviendo como una guía para la evaluación de accidentalidad en intersecciones urbanas, teniendo un impacto de cambio a nivel departamental y Nacional.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los beneficios de este proyecto de aplicación hacia la sociedad se basan en la determinación de factores que ocasionan accidentes de tránsito y con ellos se podrán formular propuestas y medidas que mejoren la seguridad vial, sustentadas técnicamente, a las zonas que representan mayor riesgo de accidentabilidad en las vías urbanas de la ciudad de Tarija.

El análisis del uso del manual HSM es viable, debido a que los datos que requiere la Metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Método planteado por el (HSM), para obtener resultados, pueden ser recopilados con los diferentes instrumentos de ingeniería, y estos son accesibles, también se cuenta con la referencia metodológica para poder seguir correctamente los lineamientos planteados.

Debido a que la predicción de los accidentes de tránsito determina las zonas con mayor riesgo de accidentes. Esta información se podrá utilizar para proponer medidas correctoras en el diseño de la vía o de prevención durante su operación.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo general

Realizar el estudio de la seguridad vial, en vías urbanas de la ciudad de Tarija aplicando el manual HSM el cual nos permitirá determinar su índice de seguridad vial a partir de los resultados, planificar acciones que permitan mejorar las condiciones de seguridad vial en vías urbanas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la metodología y procedimiento del HSM para la determinación de los índices de seguridad vial.
- Identificar el área de estudio de vías urbanas con mayor potencial para accidentes con frecuencia de cantidad y severidad.
- Evaluar las condiciones de accidentabilidad en las vías urbanas del área de estudio y determinar los índices de seguridad vial
- Determinar aplicando el HSM los indicadores de seguridad vial en las vías urbanas de estudio
- Realizar un análisis de los resultados que se obtendrán sobre la seguridad vial en los tramos de estudio.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos en el área de estudio.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1 Situación problemática

Existen factores que son recurrentes en los accidentes de tránsito: el factor humano (exceso de confianza, distracción, alcohol y drogas, Infracciones de tránsito, exceso de velocidad, cansancio, fatiga, adelantamientos indebidos, maniobras peligrosas, etc.), aspectos mecánicos (falla en los frenos, falla en la dirección, falla en la suspensión, falta de mantenimiento, exceso de carga, sobredimensionamiento del vehículo, etc.) y debido

a la vía y el entorno (estado del pavimento, mala iluminación, señalización deficiente o nula, tráfico denso, etc.).

La reducción de accidentes en vías urbanas siempre ha sido una de las tareas más desafiantes para los ingenieros viales mediante la inserción de la seguridad en las vías tratando de establecer la relación entre los accidentes y las características de las vías urbanas (tráfico, geometría y entorno vial) para intervenir eficazmente. Lamentablemente en nuestro medio, estas acciones no han sido suficientes para disminuir la frecuencia de accidentes en las vías urbanas.

Todas las gestiones de seguridad vial están orientadas a rectificar las acciones al conductor lo cual no es suficiente. La infraestructura vial tiene un papel fundamental en la seguridad debido a que un diseño adecuado de las vías es decisivo para que los usuarios las utilicen correctamente y en forma segura. Si bien la experiencia indica que, si se siguen las normas de diseño geométrico, los trazados resultan seguros, sin embargo, la única aplicación de las normas no produce vías seguras.

En Tarija hasta la fecha, estudios orientados a establecer causalidad entre características de la vía y los accidentes que se producen en ella no han existido, los estudios realizados se han limitado a los trabajos desarrollados por algunas universidades para entidades públicas de Transporte y entidades privadas. Por un lado, debido a la falta de cultura en el tema, y, por otro lado, por las limitaciones mismas que tienen países en desarrollo como Bolivia

1.4.2 Problema

¿El análisis de la seguridad vial a través del HSM en vías urbanas nos permitirá determinar los índices de seguridad en que se encuentran las vías estudiadas y a partir de dichos resultados planificar acciones que permitan mejorar las condiciones de seguridad vial de las vías estudiadas?

1.5 DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.5.1 Variable

Variable – El cumplimiento de la seguridad vial en vías urbanas

1.5.2 Operacionalización de la variable

Tabla 1.1 Variables

Tipo de variable	Denominación	Concepto	Indicador
Variables independientes	Características geométricas	Características de la infraestructura vial que deben cumplir con las normas técnicas y parámetros de diseño.	Longitud de segmento
			Ancho de carril
			Número de intersecciones a ambos lados del camino
			Número de objetos a ambos lados del camino
			Densidad de objetos fijos
			Longitud de objetos fijos
			Presencia y tipo de estacionamiento
	Dispositivos de control de tránsito	Señales, marcas y dispositivos auxiliares colocados en la vía para facilitar, regular y asegurar el tránsito, previniendo accidentes de tránsito a los usuarios de la vía.	Presencia o ausencia de iluminación
			Presencia o ausencia de control automático de velocidad
	Estudio de tráfico	Valor numérico estimado de tráfico vehicular	Volumen de tráfico
Velocidad de punto			
Variable dependiente	Accidentabilidad	Cantidad o frecuencia de accidentes en un lugar y tiempo determinado por diferentes aspectos	Cantidad de accidentes de tránsito
			Tipo de accidentes de tránsito

Fuente: Elaboración propia

1.6 HIPÓTESIS

El módulo de predicción de accidentes HSM se ajustará a las características específicas y geográficas de las vías urbanas de la ciudad de Tarija

1.7 PROCESO METODOLÓGICO

1.7.1 Unidades de estudio y decisión muestral

La unidad de estudio para este proyecto de aplicación es la evaluación de la seguridad vial en vías urbanas

1.7.2 Población

La población de estudio es la evaluación de la seguridad vial en vías urbanas que corresponden a la ciudad de Tarija.

1.7.3 Muestra

La muestra es un conjunto de 4 tramos que se encuentran en vías urbanas que corresponden a la ciudad de Tarija para su evaluación de los indicadores de seguridad vial a través de la metodología HSM con el objeto de determinar sus indicadores de seguridad vial.

1.7.4 Muestreo

Para la selección de las vías urbanas de estudio en la ciudad de Tarija se tomó encuentra los siguientes criterios:

- A partir de datos proporcionados por el comando departamental de la policía de tránsito, y a partir de dichos datos, seleccionar vías con mayor número de accidentes.
- Sea una vía principal de tipo colectora y arterial, para una mayor presencia vehicular.
- Vías que no presenten semáforo, iluminación, señalizaciones, etc. para percibir como se efectúan los conflictos de tráfico sin medidas de seguridad.
- Vías antiguas de la ciudad de Tarija y con falta de mantenimiento.

- Se escogió 4 tramos para la realización del presente proyecto, los cuales se subdividieron para poder realizar un estudio más detallado.

Tabla 1.2 Detalle de tramos y sub tramos de estudio

Tramo	Intersección
A-B	Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina
	Av. Circunvalación. y Calle Mejillones
	Av. Circunvalación y Calle Santa Cruz
	Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación
	Av. La Paz y calle Ingavi
	Av. La Paz y Av. Jaime Paz Zamora
D-E	Av. Víctor Paz y Calle Méndez
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián
	Av. Panamericana y calle Domingo Paz
	Av. Panamericana y Av. Froilán Tejerina
F-G	Calle Cochabamba y Calle Humberto Portocarrero
	Calle Cochabamba y Calle Corazón de J.
	Calle Cochabamba y Calle Campero
	Calle Cochabamba y Calle Méndez

Fuente: elaboración propia

1.7.5 Método

El método inductivo es una estrategia de razonamiento que se basa en la inducción, para ello, procede a partir de premisas particulares para generar conclusiones generales.

El método inductivo, como tal, sigue una serie de pasos. Inicia por la observación de determinados hechos, los cuales registra, analiza y contrasta, a continuación, clasifica la información obtenida, establece patrones, hace generalizaciones, para inferir, de todo lo anterior, una explicación o teoría.

1.7.6 Técnicas y procedimiento

La investigación se realizará en base a variables independientes (marco de referencia) y sus variables de la realidad, aplicando lo siguiente:

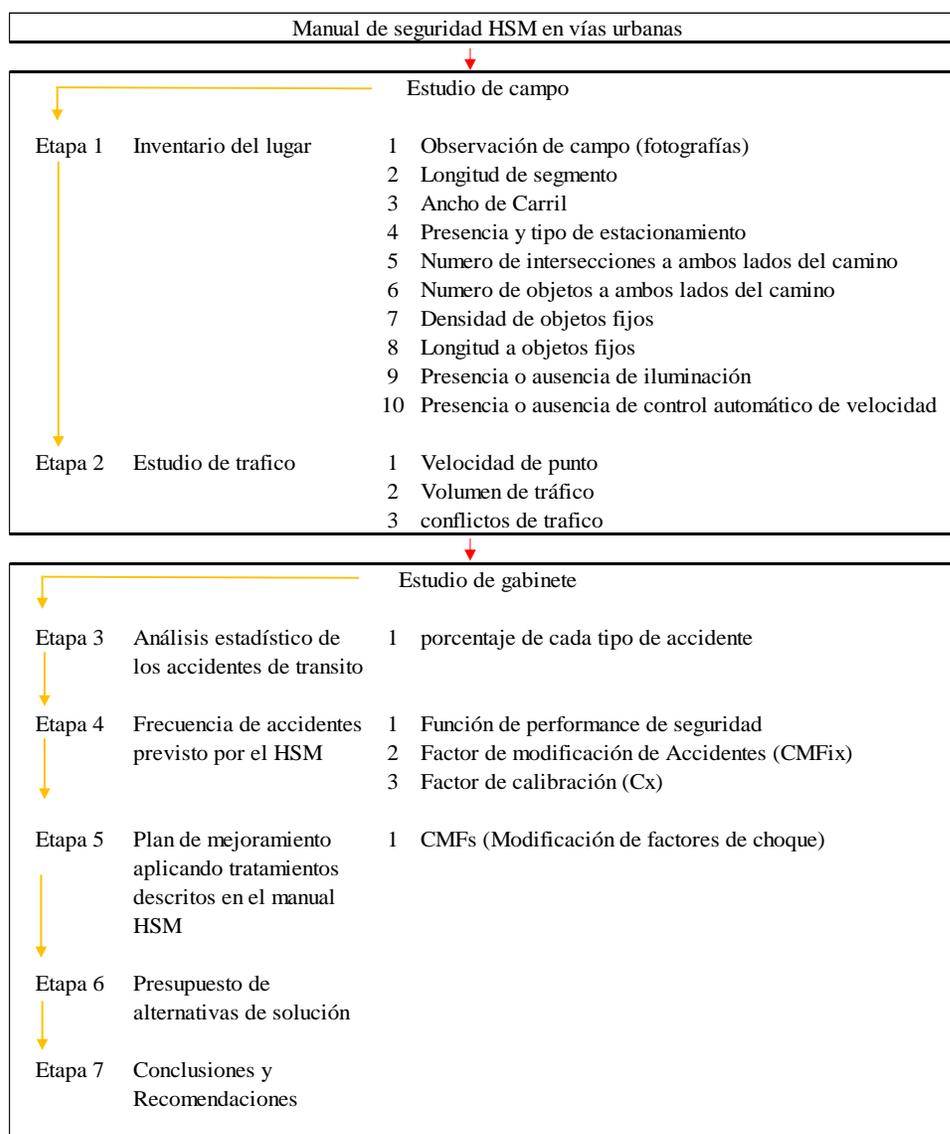
- La técnica de análisis documental, la cual tendrá predominio en la investigación, utilizando como instrumento libros especializados, informes de investigaciones,

páginas web, manual de software especializado, documentos de los organismos de gobierno local, todos relacionados con el tema de estudio, el cual servirá como marco referencial.

- La técnica de la observación de campo, la cual utilizará como instrumento de recolección, fichas o guías de observación digital, pianos, videos y fotografías de campo, la cual servirá como parte del marco de la realidad.

1.7.7 Identificación del esquema que corresponde a la perspectiva.

Tabla 1.3 Esquema de Perspectiva



Fuente: Elaboración propia.

1.7.8 Parámetros

Tabla 1.4 Inventario de Parámetros

Obtención	Descripción de Parámetros
En campo	Observación de campo (fotografías)
	Longitud de segmento
	Ancho de Carril
	Presencia y tipo de estacionamiento
	Numero de intersecciones a ambos lados del camino
	Numero de objetos a ambos lados del camino
	Densidad de objetos fijos
	Longitud a objetos fijos
	Presencia o ausencia de iluminación
	Presencia o ausencia de control automático de velocidad
Por evaluación de tráfico	Velocidad de punto de cada intersección seleccionada
	Volumen de tráfico, TPH Y TPDA
Por análisis estadístico	Mes del accidente
	Lugar del accidente
	Tipo de Vehículo: Camioneta, vagoneta, moto, taxi, auto
	Tipo de Accidente: c/vehículo, peatón, objeto fijo,
	Tipo de Colisión: Frontal, transversal
	Causa del accidente: Falla manejo, velocidad, cercanía auto.
	Edad del conductor responsable: 16-29; 30-49, 50-65
	Sexo del conductor resp: masculino, femenino.
	Locación del accidente: intersección, no intersección.
	Día del accidente
	Hora del accidente: día, noche, anochecer, amanecer.
	Severidad de choque: moderado, leve, grave, muy grave.
	Existen Víctimas: si, no
Número de Fallecidos	

Fuente: Elaboración propia

1.7.9 Instrumentos

Tabla 1.5 Instrumentos

Indicador	Nivel	Unidad	Instrumento
Longitud de segmento	Cuantitativo	Millas	Wincha
Ancho de carril	Cuantitativo	Pie	Wincha
Número de intersecciones a ambos lados del camino	Cuantitativo	Número	Observación
Número de objetos a ambos lados del camino	Cuantitativo	Número	Observación
Densidad de objetos fijos	Cuantitativo	Objeto/milla	Inventario vial
Longitud de objetos fijos	Cuantitativo	pie	Wincha
Presencia y tipo de estacionamiento	Cualitativo	Paralelo/Angular	Observación
Presencia o ausencia de iluminación	Cualitativo	Presenta/No Presente	Observación
Presencia o ausencia de control automático de velocidad	Cualitativo	Presenta/No Presente	Observación
Volumen de tráfico	Cuantitativo	Número	Inventario vial
Velocidad de punto	Cuantitativo	m/s	Inventario vial
Cantidad de accidentes de tránsito	Cuantitativo	Número	Observación (Registro de accidentes CDP)
Tipo de accidentes de tránsito	Cualitativo	Tipo	Observación (Registro de accidentes CDP)

Fuente: Elaboración propia

1.7.10 Medios.

Tabulación y organización de los resultados de la variable Según los resultados obtenidos a través del procedimiento del HSM se encontrará un coeficiente de accidentabilidad tanto para intersecciones como para segmentos de vías urbanas de la ciudad de Tarija y luego la cantidad de accidentes pre dichos en cada sub tramo en estudiado.

Definir un tratamiento estadístico descriptivo e inferencial

Se realiza un tratamiento estadístico inferencial usando métodos que implican el uso de datos muestrales para hacer generalizaciones o inferencias acerca de una población, en este caso la seguridad vial en las vías urbanas de la ciudad de Tarija.

1.8 ALCANCE DEL PROYECTO

La finalidad del presente proyecto de aplicación es calibrar el módulo de predicción de accidentes del Manual de Seguridad (HSM, 2010).

Para estimar este módulo de predicción de accidentes se utilizan datos estadísticos de siniestros observados en las vías de la Ciudad de Tarija, durante los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, los cuales son relacionados con su infraestructura (geometría, iluminación, accesos, etc.).

CAPÍTULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO DE ACCIDENTES
DE TRÁNSITO

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

2.1 ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Genéricamente se considera un accidente como un suceso eventual que altera el orden regular de las cosas. En términos de derecho se considera accidentes aquellos acontecimientos fortuitos que ocasionan daños. Desde otra perspectiva, la OMS define de forma genérica el accidente como una transferencia anormal no controlada de energía que tiene como consecuencia la consecuencia de lesiones o muertes.

Frente a tales concepciones, los especialistas en este fenómeno descubrieron ya hace mucho tiempo que los accidentes no son en absoluto acontecimientos fortuitos, inevitables, impredecibles y dependientes de la suerte, sino que por el contrario la inmensa mayoría de los casos siguen parámetros característicos de distribución, es decir, el accidente globalmente es siempre una consecuencia de fallo evitable y hasta cierto punto predecible del sistema

En este contexto, Checa y Ceamanos (1997) en su diccionario de términos de tráfico, circulación y seguridad vial definen el accidente de circulación como el resultado de una conjunción o concurrencia desfavorable de múltiples factores (la vía y su entorno, vehículo, conductor y usuarios, condiciones meteorológicas o ambientales) en un momento y lugar determinados.¹

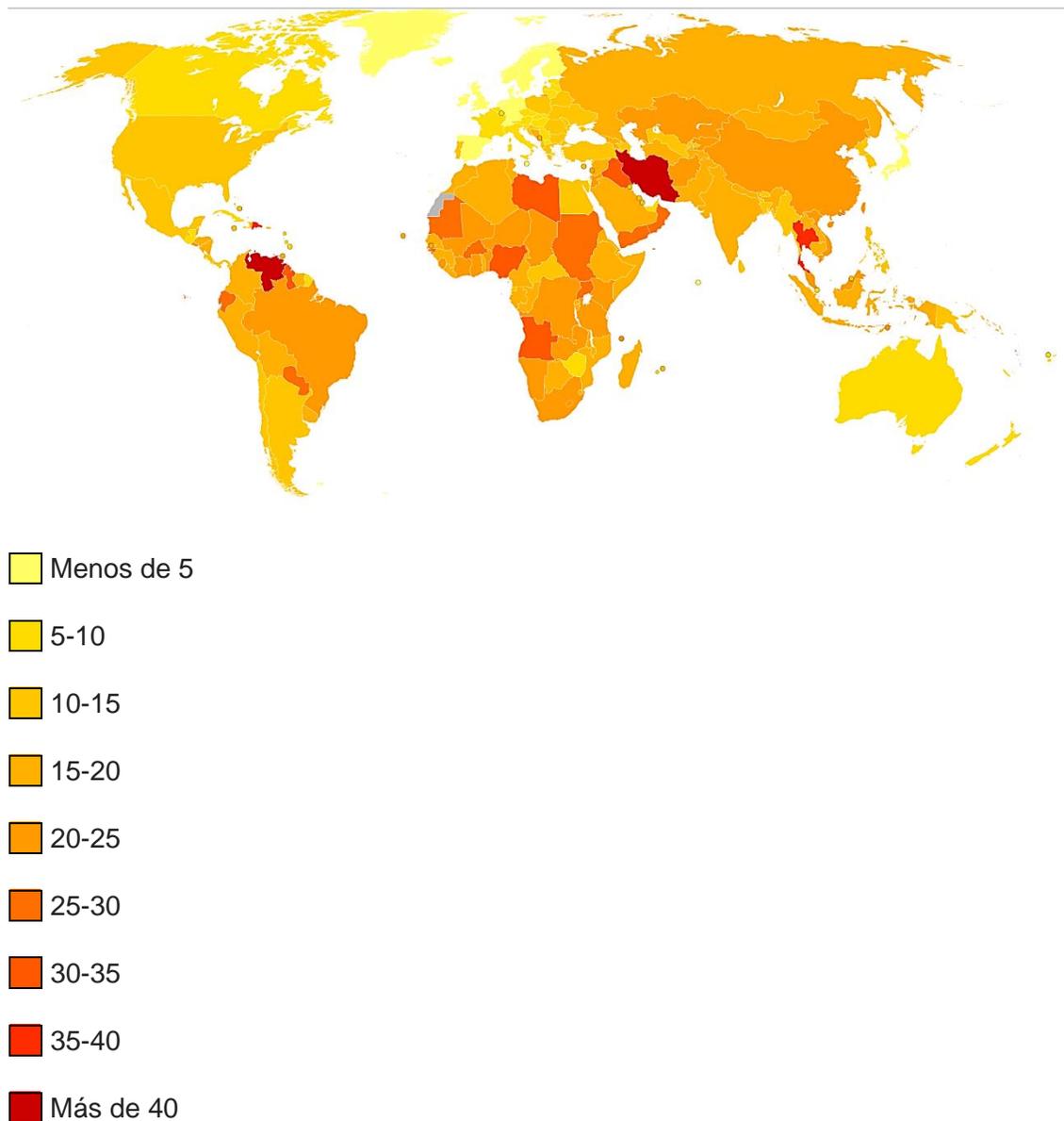
Para ser considerado como tal, debe reunir las siguientes condiciones: Que se produzca o tenga lugar en vía y terrenos aptos para circulación, tanto urbanos como interurbanos y, en los que, sin tener la aptitud, sean de uso común y en los privados que sean utilizados por una colectividad indeterminada de usuarios.

- Que, al menos, este implicado un vehículo en movimiento.

¹ Checa Zavala, E y Ceamanos Marín: Valencia 2014 Ponencia 02 Seminario Seguridad Vial Sr Llorca

- Que como consecuencia del cual, una o varias personas resulten muertas o heridas (o se produzcan daños materiales)

Imagen 2.1 Situación Internacional en siniestros de tránsito



Fuente: Anexo-países por tasa de muertes por siniestros de tránsito

La imagen adjunta muestra la tasa anual de fallecidos en siniestros de tránsito por país, por cada 100 000 habitantes, por cada 100 000 vehículos motorizados o por cada 1000 kilómetros recorridos por vehículo, en casos donde la información estuvo disponible.

Según la Organización Mundial de la Salud, los siniestros (accidentes) de tránsito causaron aproximadamente 1,25 millones de muertes en todo el mundo en el año 2010. Esto significa que una persona muere cada 25 segundos.

Solo 28 países, que representan 449 millones de personas (7% de la población mundial), tienen hoy leyes adecuadas que cubren los cinco principales factores de riesgo: velocidad, conducción bajo efectos del alcohol, uso de cascos, uso de cinturón de seguridad y sillas de seguridad para niños.

Más de un tercio de las muertes en siniestros de tránsito en países de ingresos bajos o medios son peatones o ciclistas. Aun así, menos de 35% de los países de ingresos bajos o medios tienen políticas para proteger a estos usuarios.²

La tasa promedio era de 17,4 por 100 000 personas. Los países de bajos ingresos presentan la tasa de fallecimiento en siniestros de tránsito más alta, con 24,1 por 100 000 habitantes, mientras la tasa de los países de altos ingresos es más baja, con 9,2 por 100 000.

El 74% de las muertes ocasionadas por siniestros de tránsito que ocurrieron en países con ingreso medio corresponden al 53% de los vehículos registrados en el mundo. En los países con ingreso bajo, la situación es peor aún. Solo el 1% de los automóviles registrados en el mundo producen 16% de los fallecidos. Esto evidencia una importante desproporción en el número de fallecidos a causa de siniestros de tránsito en relación con su nivel de motorización.

Las diferencias existentes en tasa de mortalidad por siniestros de tránsito son diametralmente diferentes en distintas zonas del planeta, mientras en la región europea la tasa es 9,3 por 100 000 habitantes y está bajando, en la región africana alcanza cifras cercanas al 26,6 por cada 100 000 y está creciendo.

El 50% de las víctimas de accidentes de tránsito en el mundo corresponden a motociclistas (23%), peatones (22%) y ciclistas (5%), denominados usuarios vulnerables de las vías, mientras que el 50% restante lo componen ocupantes de vehículos (31%) y usuarios no especificados (19%).³

El 59% de las muertes en siniestros de tránsito son adultos entre 15 y 44 años. El 77% de los fallecidos son hombres.

Situación Nacional

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) En Bolivia se registraron en promedio 14.921 personas heridas y 1.326 personas muertas en accidentes de tránsito desde los años 2008 a 2020. En el departamento de Tarija se registró 1.050 personas heridas y 103 personas muertas como se detalla en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Número de personas muertas y heridas en accidentes de tránsito

Departamento y situación de la víctima	Bolivia		Tarija	
	Personas heridas	Personas muertas	Personas heridas	Personas muertas
2008	13.309	1.248	1.327	113
2009	12.934	973	995	106
2010	13.673	1.294	1.141	85
2011	15.077	1.335	1.308	154
2012	16.747	1.557	1.030	80
2013	17.204	1.848	900	126
2014	15.362	1.581	880	70
2015	15.574	1.300	968	82
2016	15.431	1.259	952	82
2017	15.090	1.225	1.100	81
2018	15.043	1.225	1.084	81
2019	13.504	1.150	907	181
2020	15.029	1.239	1.060	92

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 2.1 nos podemos dar cuenta que de los últimos años los accidentes de tránsito presentan alrededor de 10% de muerte esto implica un número muy elevado de decesos y de las personas de heridas, de los cuales generalmente el accidente se da por ebriedad o imprudencia del conductor.

Tabla 2.2 Tipo de accidentes y situación de la víctima, según departamento

Departamento y clase de accidentes	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bolivia	39.874	41.882	39.035	39.407	39.799	36.512	31.782	30.792	20.665	25.498	20.972	20.534
Atropellos	5.779	6.041	6.084	6.000	6.520	6.027	5.035	4.757	4.273	4.032	3.609	3.666
Caída de personas - pasajeros	471	585	793	729	797	784	690	523	627	411	277	431
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	9.663	9.559	8.528	8.754	8.647	8.209	7.429	7.897	6.805	5.812	4.973	4.534
Vuelcos	1.091	1.020	989	1.002	1.723	1.143	1.044	770	689	572	455	477
Colisiones	21.484	23.279	21.259	21.594	20.977	18.800	16.356	15.213	14.169	12.445	9.842	9.325
Embarrancamiento, deslizamiento	1.355	1.368	1.330	1.312	1.076	1.439	1.138	1.376	1.013	1.400	1.197	1.471
Otros hechos de tránsito	31	30	52	16	59	110	90	256	1.089	826	619	630
Tarija	2.353	2.825	3.147	3.092	3.012	2.727	2.170	1.328	961	1.263	985	1.101
Atropellos	304	344	322	321	279	248	253	182	147	159	155	179
Caída de personas - pasajeros	48	80	131	88	85	75	79	28	53	61	7	25
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	531	791	842	786	807	585	480	276	180	228	186	225
Vuelcos	141	128	78	103	133	80	78	61	54	36	43	38
Colisiones	1.239	1.381	1.626	1.648	1.587	1.605	1.176	646	442	595	421	451
Embarrancamiento, deslizamiento	88	99	141	141	110	127	103	123	59	124	134	157
Otros hechos de tránsito	2	2	7	5	11	7	1	12	26	60	39	26

Fuente: Departamento de Estadística de la Policía Boliviana

Instituto Nacional de Estadística

De la tabla 2.2 se puede observar que las colisiones y los choques a un objeto físico y vehículo detenido son altos en comparación a los demás parámetros y esto indica que los choques son muy frecuentes.

2.1.1 Fases de un accidente

El accidente a pesar de su brevedad, es un proceso dinámico, que se desarrolla en el espacio y en el tiempo en base a puntos o zonas y momentos donde los hechos se producen. La unión entre un momento y un punto adquiere el nombre de posición e implica una fase del accidente.

Es muy importante conocer su evolución, incluyendo las áreas, puntos y posiciones, ya que permite investigar sobre los conocimientos de los implicados, experiencia, pericia y

reflejos, su estado psíquico y físico, presencia de distracciones, sueño, cansancio, alcohol, medicamentos, enfermedad, así como el estado de dirección y frenado del vehículo, etc.

De acuerdo con la clasificación tradicional de la evolución del accidente, que es la más aceptada por los investigadores, es posible distinguir tres áreas.

- Área de percepción: comprende el espacio entre el punto de percepción posible y el punto de conflicto.
- Área de maniobra: comprende el espacio entre el punto de decisión y el punto de conflicto.
- El área de conflicto: comprende el espacio entre el punto clave y la posición final.

El desarrollo del accidente se produce dentro del área de percepción y comprende tres fases: Fase de percepción, fase de decisión y fase de conflicto.

Fase de percepción

La fase de percepción del accidente se compone de dos posiciones o puntos:

- Posición de percepción real (PPR) Es el punto en que el conductor percibe realmente y por primera vez ve que el peligro puede desembocar en un accidente. Siempre es posterior o coincide con el punto de percepción posible. Es subjetivo, varía en cada persona y puede estar influido por la experiencia, reflejos, conocimientos, distracción... podría no existir o estar tan cerca del punto de conflicto que no se distinga de él.
- El punto de percepción posible (PPP) Es el punto en que un conductor “sin características especiales” deberá percibir que el peligro implica un riesgo de accidente. Es un punto objetivo, puede comprobarse sobre el terreno y se produce en el mismo momento que el PPR o antes, sirve de base para valorar la conducta del conductor.

La fase de percepción abarca desde que el conductor o peatón se da cuenta del peligro hasta que pone en marcha mecanismos con el fin de evitarlo o minimizarlo, momento en que comienza la segunda fase. Este periodo de tiempo se denomina tiempo de reacción.

El tiempo de reacción está compuesto por tres momentos: en primer lugar, la percepción de estímulos externos peligrosos, en segundo lugar, la intersección, momento en que el cerebro es consciente del peligro a partir de la información proporcionada por los sentidos y pone en marcha las estrategias para evitarlo y, en tercer lugar, la volición o actuación, cuando el implicado toma la decisión de actuar. Para una persona en condiciones normales este tiempo oscila entre 0,75 y 1 segundo y varía en función de distintos factores como la edad y el estado físico psíquico, velocidad, aceleración, tipo de estímulo (auditivo o visual) la distancia que recorre se le denomina distancia de reacción.

La distancia existente entre el punto de percepción real, posible y la fase de decisión permite investigar psicossomáticamente al conductor, sobre todo sus conocimientos, experiencia y reflejos. Una distancia grande permite inferir reacciones tardías, lentas o poco diligentes debido a demoras en la toma de decisión o ejecución.

La distancia entre el PPP y el punto de conflicto permite identificar casos de negligencia o descuido por parte del implicado.

Fase de Decisión

Es aquella en la que el conductor o peatón reaccionan ante la circunstancia anormal. Es decir, inicia la ejecución de la maniobra de evasión que va a desarrollar, para evitar que se produzca el accidente. Las maniobras de evasión se clasifican en:

- Simples pasivas (tocar el claxon, hacer destellos de luces).
- Simples activas (disminuir la velocidad, detener el vehículo, aumentar la velocidad, girar, dar marcha atrás)
- Complejas (son combinaciones de las anteriores). Las realizan los conductores con mayor experiencia, más reflejos y menor edad.

Son favorables cuando consiguen un accidente menor. Son erróneas cuando intentando evadir el suceso inevitable ocasionando otro mayor.

Podrían no existir por la rapidez de los acontecimientos o si el conductor no ha tenido oportunidad de decidir la acción a adoptar.

Una vez lograda la percepción real, la fase de decisión está delimitada por el punto de decisión (PD) y el punto clave (PCL).

- El punto de decisión (PD) es el momento en que el implicado inicia la realización de la maniobra evasiva.
- El punto clave (PCL) es el momento en que el accidente ya no es evitable.

El análisis de esta fase permite investigar la pericia, conocimientos sobre acciones evasivas, el estado del vehículo o condiciones ambientales.

Entre la PCL y el PC el accidente es inevitable, y sólo se puede llevar a cabo una maniobra evasiva de minimización de resultados.

Fase de Conflicto

Esta fase hace referencia al último periodo de la evolución del accidente. En ella se produce la culminación del suceso. Está comprendida entre el PCL y la posición final PF.

Dentro de esta fase se distingue:

- La Zona de conflicto: Es el espacio donde existe la mayor posibilidad de que ocurra el accidente. Depende de la dirección y elementos del vehículo y de la acción evasiva.
- Punto de conflicto: Pertenece a la zona de conflicto y es el momento en que se consume el accidente.
- Posición final: Es la posición inmóvil que adoptan los vehículos, personas y objetos una vez se ha producido el suceso.

Antes de producirse la posición final, aún cabe la posibilidad de modificar las trayectorias post - colisión y minimizar sus consecuencias.

Por otro lado, el conocimiento de los incidentes también tiene una importancia vital para prevenir y frenar muchas dimensiones de la accidentalidad (Pirámide de Hayden). Así, hacer consciente al conductor de los procesos que subyacen y anteceden a los incidentes es vital para explicar lo que pasa en los propios accidentes, ya que al hacer explícitos los parámetros de conducta implicados en estos procesos, el conductor eleva su percepción del riesgo aproximándose al riesgo real y, por tanto, adopta conductas más seguras.

2.1.2 Clasificación de Accidentes de Tránsito

a) Por su situación:

- Urbanos: Los que se desarrollan en una calle o vía comprendida dentro del casco de las poblaciones. Un tipo específico es el de los producidos en las travesías.
- Interurbanos: Los originados en una vía interurbana.

b) Por sus resultados:

- Mortales. Aquellos en que una o varias personas fallecen en las primeras veinticuatro horas.
- Con víctimas. Aquellos en que una o varias personas resultan muertas o heridas.
- Con sólo daños materiales. Aquellos en que no se han ocasionado ni muertos ni heridos.

c) Por el número de vehículos implicados:

- Simples: aquellos en los que interviene una sola unidad de tráfico.
- Complejos: los que presentan dos o más unidades de tráfico implicadas. Aquí se encuentran: atropellos (aquellos en los que interviene un peatón o animal), dos vehículos y en cadena, múltiples o en caravana.

d) Por el modo en el que se producen:

- Colisión de vehículos en marcha: se llama así al encuentro violento entre dos o más vehículos en movimiento, siendo: frontal (cuando se vean afectados los frentes de los vehículos implicados), frontolateral o embestida (afectan al frontal de un vehículo y al lateral del otro), lateral (cuando se ven implicados únicamente los laterales de los vehículos, alcance (cuando dos o más vehículos entran en colisión de tal modo que la parte frontal de uno lo hace sobre la parte posterior del otro y múltiple o en caravana (cuando el número de vehículos en marcha es superior a dos).
- Colisión vehículo-obstáculo en calzada: la que se produce entre un vehículo y: vehículo estacionado o averiado, valla de defensa, barrera o paso a nivel y otro objeto o material en la calzada.

- Atropello: cuando un vehículo colisiona con uno o varios peatones o animales. Como son: peatón sosteniendo bicicleta, peatón reparando el vehículo, peatón aislado o en grupo y animales sueltos.
- Vuelco en la calzada: cuando el vehículo queda volcado sobre la calzada.
- Salidas de la calzada o vía: cuando el vehículo o parte del mismo sale de la calzada. Puede ser: Con colisión: choque con árbol o poste, choque con muro o edificio, choque con cuneta o bordillo y otro tipo de choque. 2. Sin colisión: con desprendimiento, con vuelco y en llano.

2.1.3 Índices de Accidentabilidad

El índice de accidentabilidad es un indicador que determina el número de accidentes comparado con alguna estadística poblacional tal como número de personas número de viajes diarios, etc. Sirve para evaluar la siniestralidad en un lugar concreto, y compararlo con otros países o territorios. (Lozada Contreras, 2017)

Factores que contribuyen a accidentes de tránsito

Se consideran 5 factores que influyen en los accidentes de tránsito, descritos a continuación:

- a) Factor vial: incluye aspectos como la densidad vial en una determinada localidad, la condición en la que se encuentra la vía, o si la vía cuenta o no con la adecuada señalización.
- b) Factor mecánico: este factor toma en cuenta las condiciones del vehículo, la antigüedad de este, si ha sufrido cambios, el recorrido al cual se ha sometido al vehículo, la carga con la que se le moviliza, si se le ha dado mantenimiento adecuado.
- c) Factor humano: pues somos las personas quienes estamos al mando de los vehículos, manejando a excesiva velocidad, bajo los efectos del alcohol o las drogas, no respetando las señales de tránsito, conduciendo por tiempos excesivamente prolongados sin reemplazo ni descanso. Incluye, además, a las empresas de transporte, por lo general informales que obligan a sus conductores a realizar su trabajo bajo condiciones inadecuadas, a los peatones que no cruzan adecuadamente la calzada (o no usan los puentes peatonales), a los pasajeros de

un bus que exigen “velocidad antes que seguridad” o que prefieren perder la “vida en un minuto antes que un minuto en la vida” contrariamente a los avisos que pegan los transportistas en sus unidades.

- d) Factor ambiental: pues se considera que debe existir una adecuada relación entre caminos, vehículos, y ciudades, permitiendo que los usuarios de los espacios públicos puedan respirar aire limpio.
- e) Factor normativo e institucional: son diversas las instituciones que tienen que participar en la solución de este problema. Sin embargo, aun cuando la tarea del Ministerio de Transportes y Comunicaciones es muy amplia y tiene competencias en varios sub sectores: carreteras, puertos, aeropuertos, Internet, radio y televisión; la población percibe que la tarea del Ministerio es únicamente llevar a cabo políticas orientadas a la seguridad vial y la reducción de accidentes de tránsito.

2.1.4 Distribución de los accidentes de tránsito

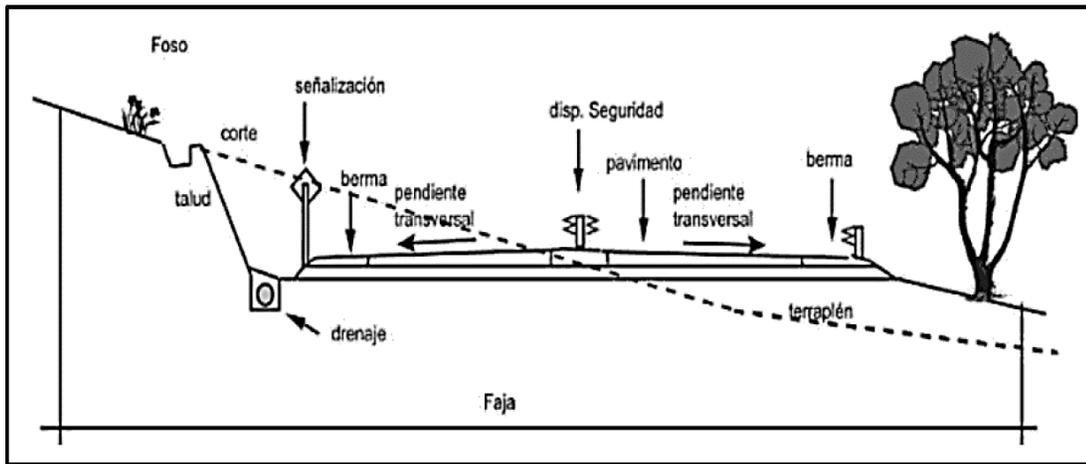
Los choques no se distribuyen uniformemente a lo largo de los caminos, aun en los de la misma clasificación funcional (arteriales, colectores, locales). Tienden a arracimarse en sitios donde el nivel de riesgo es mayor que en las zonas circundantes.

2.1.5 Infraestructura Vial

La infraestructura vial consta de todo el conjunto de elementos que permiten el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro minimizando las externalidades. Esto incluye los pavimentos, los puentes, túneles, elementos paisajísticos.

La infraestructura vial, considerada en su conjunto (con inclusión de la superficie de la carretera, las señales y el diseño), es un importante factor de seguridad. En el diseño de las carreteras se debe tener en cuenta el error humano y se debe tratar de reducir al mínimo sus consecuencias.

Imagen 2.2 Elementos de la infraestructura vial



Fuente: (De Solminihac T., Echaveguren N., & Chamorro G., 2018)

2.1.6 Vías Urbanas

De acuerdo con, (VCHI, 2005) Manual de diseño geométrico de vías urbanas, estas se clasifican considerando cuatro categorías principales descritas a continuación:

- a) Vías Expresas: establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central.
- b) Vías Arteriales: permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.
- c) Vías Colectoras: sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

- d) Vías Locales: Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

2.1.7 Características Geométricas

Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica y cumpliendo con la capacidad y niveles de Servicio.

El diseño geométrico se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, de modo que se pueda circular de una manera cómoda y segura.

El Manual de Seguridad Vial, refiere que la influencia de las características de la carretera en los accidentes se debe al conjunto de diferentes parámetros que definen el tramo, así como las variaciones entre estos parámetros y los de los tramos contiguos.

El análisis de la seguridad de la infraestructura vial se encuentra a partir de dos factores:

- a) Seguridad activa: Medidas que incorpora la carretera para evitar que se produzca accidentes (diseño de trazo, diseño de las intersecciones, calidad del pavimento, sección transversal adecuada, dimensiones de la sección de la franja, señalización, etc.).
- b) Seguridad pasiva: Medidas que incorpora la carretera para minimizar la gravedad de los accidentes en el caso que se produzca (separador central, sistema de contención de vehículos, protectores laterales, etc.).

Una vía será funcional de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una velocidad de operación suficiente. La geometría de la vía tendrá como premisa básica la de ser segura, a través de un diseño simple, uniforme y consistente. La vía será cómoda en la medida en

que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se logrará ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los tramos rectos. La vía será estética al adaptarla al paisaje, permitiendo generar visuales agradables a las perspectivas cambiantes, produciendo en el conductor un recorrido fácil. La vía será económica, cuando cumpliendo con los demás objetivos, ofrece el menor costo posible tanto en su construcción como en su mantenimiento. Finalmente, la vía deberá ser compatible con el medio ambiente, adaptándola en lo posible a la topografía natural, a los usos del suelo y al valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales.

2.1.8 Dispositivos de control de tránsito y entorno vial

Se define a las señales de tránsito como: “Dispositivo, signo o demarcación colocado por la Autoridad competente con el objeto de regular, advertir o encauzar el tránsito”.

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en caminos, calles, pistas o carreteras. La vida y la integridad de quienes transitan por dichas vías dependen de lo que la señalización indique, de la atención que se le preste y de la responsabilidad de asumir lo que ordenen. En ese sentido, el lenguaje vial guía tanto a transeúntes como a conductores por el camino de la seguridad y la prevención de cualquier tragedia.

Señales Verticales

Se clasifican de la siguiente manera:

- Señales Regulatorias o de Reglamentación: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.
- Señales de Prevención: Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.
- Señales de Información: Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias

a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros.

Señales Horizontales

Las marcas en el pavimento o demarcaciones constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes. Forma parte de esta señalización, los dispositivos elevados que se colocan sobre la superficie de rodadura, también denominadas marcas elevadas en el pavimento, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar restricciones

Mobiliario Vial

El mobiliario vial (la iluminación de la vía, paraderos, las islas de tránsito, barreras o defensas camineras, entre otros) son componentes importantes desde el punto de vista de la seguridad y ayudan al conductor a identificar de una manera más clara las condiciones particulares de la vía y advertir los riesgos. Es importante tener en cuenta que la ubicación del mobiliario en la vía no cree peligros innecesarios.

La iluminación vial cumple el objetivo de permitir a los usuarios de carreteras desplazarse con la mayor seguridad y confort posibles durante la noche. Un alumbrado satisfactorio debe ser continuo y uniforme para que el conductor tenga la facilidad de distinguir con certeza y detalle el camino que tiene frente a él y sus alrededores, para que cuente con el tiempo suficiente para efectuar las maniobras necesarias para la prevención de cualquier hecho que lo ponga en riesgo de siniestro y para la apreciación de las señales de tránsito.

Control de Velocidad

La velocidad de diseño es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. La velocidad de diseño asumida debe ser consistente con la topografía, el uso de la tierra adyacente y la clasificación funcional de la carretera.

Los reductores de velocidad se utilizan para controlar la velocidad sin convertirse en un peligro adicional. El reductor de velocidad es una variación en el perfil longitudinal de un pavimento, diseñado para provocar una leve oscilación en un vehículo que lo atraviesa a

baja velocidad y una sensación de descontrol para aquellos vehículos que lo atraviesan a altas velocidades.

Semáforos

Los semáforos de acuerdo con su objetivo de regulación, se clasifican en: 1) Semáforos para el control del tránsito de vehículos. 2) Semáforos para pasos peatonales. 3) Semáforos especiales.

Inventarios Viales

El Manual de Inventarios Viales son documentos oficiales que compilan información de carácter técnico, los cuales son recopilados y sistematizados. En él se reúne información de mediciones realizadas en campo, en la cual se identifica y registra las características y situación de las vías que conforman el Sistema Nacional de carreteras.

Los inventarios de señalización y dispositivos de control permiten evaluar los parámetros de funcionalidad y suficiencia a partir de la clasificación y calificación de la señalización existente en el sitio de estudio, con base en las características topográficas y geométricas de la vía, los tipos de señales, marcas, semáforos y otros dispositivos emplazados en el sitio.

Características de Tránsito

Para conocer el tráfico de una vía se recurre a estudios de origen y destino, conteos de vehículos que posibilitan conocer:

- a) Tráfico total del año volumen anual
- b) Trafico medio diario o volumen medio diario

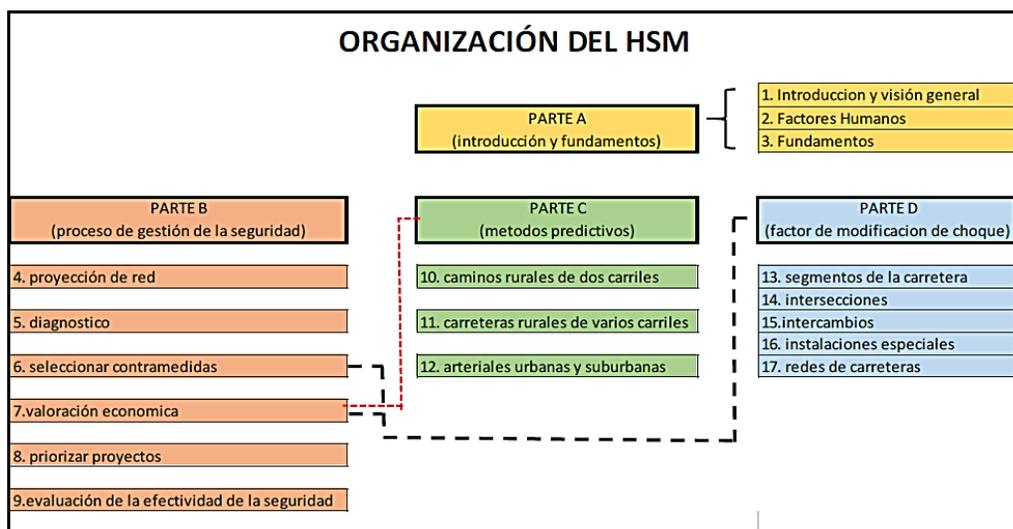
2.2 METODOLOGÍA DE PREDICCIÓN DE ACCIDENTES HSM 2010

El Manual De Seguridad Vial (HSM), es un recurso que proporciona conocimientos y herramientas de seguridad en una forma útil para facilitar una mejor toma de decisiones basada en el desempeño de la seguridad. El HSM reúne la información y las metodologías disponibles actualmente para medir, estimar y evaluar las carreteras en términos de frecuencia de choques (número de choques por año) y gravedad de los choques (nivel de lesiones debidas a choques). (HSM, 2010)

2.2.1 Descripción general del HSM

El Manual de seguridad vial (HSM) es un manual americano para analizar la seguridad vial de varias instalaciones, incluidas carreteras rurales, arterias urbanas, autopistas e intersecciones. El HSM se publicó por primera vez en 2010 y un suplemento de 2014 abordó los intercambios de autopistas. El HSM incorporó los resultados de modelos de seguridad de varios proyectos del Programa Nacional de Investigación Cooperativa de Carreteras que utilizaron datos de varios estados americanos. El HSM recomendó que los estados individuales calibren el HSM a las condiciones locales de forma regular.

Tabla 2.3 Organización del HSM



Fuente: Highway Safety Manual

2.2.1.1 Método Predictivo HSM Parte C

El método predictivo del HSM (2010) sirve para estimar la frecuencia promedio esperada de accidentes de una red o sitio individual. La estimación se puede hacer para las condiciones existentes, condiciones alternativas o nuevas carreteras propuestas. El método predictivo se aplica a un período de tiempo dado, volumen de tráfico y características de diseño geométrico constante de la calzada, además proporciona un procedimiento de 18 pasos para estimar la “frecuencia promedio esperada de choques” (por choques totales, gravedad del choque o tipo de colisión) de una carretera.

Antes de esta edición del HSM, los profesionales del transporte no tenían un solo recurso nacional para obtener información cuantitativa sobre el análisis y la evaluación de accidentes. El HSM comienza a llenar este vacío, proporcionando a los profesionales del transporte conocimientos, técnicas y metodologías actuales para: estimar la frecuencia y gravedad de accidentes futuros e identificar y evaluar opciones para reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes. (HSM, 2010)

Tabla 2.4 Metodología del Método Predictivo para vías urbanas HSM 2010.

Paso 1	Definir el sitio de estudio
Paso 2	Definir el periodo de estudio
Paso 3	Definir características de tráfico
Paso 4	Determinar condiciones geométricas y las características del sitio
Paso 5	Dividir las vías en intersecciones y segmentos
Paso 6	Análisis estadístico de accidentes de tránsito
Paso 7	Calibración de módulo de accidentes para segmentos e intersecciones
Paso 8	Aplicar el método EB específico del sitio (si corresponde)
Paso 9	Seleccionar y aplicar SPF
Paso 10	Aplicar AMFs
Paso 11	Aplicar un factor de calibración
Paso 12	Suma todos los sitios y años
Paso 13	Comparar y evaluar resultados

Fuente: Elaboración propia

El HSM permite el uso de metodologías predictivas que mejoran y amplían el uso de métodos de estimación de accidentes a diseños o condiciones nuevos y alternativos en períodos pasados o futuros. Los métodos predictivos más rigurosos desde el punto de vista estadístico en el HSM reducen la vulnerabilidad de los métodos históricos basados en choques a variaciones aleatorias de los datos de choques y proporcionan un medio para estimar choques en función de la geometría, las características operativas y los volúmenes de tráfico. Estas técnicas brindan una oportunidad para: 1) mejorar la confiabilidad de las actividades comunes, como la detección de sitios en la red en los que reducir los choques y 2) expandir el análisis para incluir evaluaciones de características geométricas y operativas nuevas o alternativas. (HSM, 2010).

Pasos de aplicación según metodología HSM para vías urbanas

Los siguientes párrafos fueron extraídos del Highway Safety Manual HSM 2010:

Paso 1: Definir los límites de los tipos de carreteras o sitio del estudio para los que se estimarán la frecuencia, la gravedad y los tipos de colisión promedio esperados.

El método predictivo se puede realizar para una red de carreteras, una instalación o un sitio individual. Un sitio es una intersección o un segmento de calzada homogéneo. Los sitios pueden constar de varios tipos, como intersecciones señalizadas y no señalizadas. Además, el método predictivo se puede realizar para una carretera existente, una alternativa de diseño para una carretera existente o una nueva (que puede estar sin construir o que aún no ha experimentado suficiente tráfico como para haber observado datos de choques). Los límites de la calzada de interés dependerán de la naturaleza del estudio. El estudio puede limitarse a un solo sitio específico o un grupo de sitios contiguos.

Paso 2: Defina el período de interés.

El método predictivo se puede realizar para un período pasado o para un período futuro. Todos los períodos se miden en años. Los años de interés serán determinados por la disponibilidad de AADTS observados o pronosticados, datos de choques observados y datos de diseño geométrico. Si el método predictivo se utiliza para un período pasado o futuro depende del propósito del estudio. El período de estudio puede ser:

Paso 3: Para el período de estudio, determine la disponibilidad de los volúmenes de tráfico diario promedio anual, los volúmenes de cruces de peatones y la disponibilidad de datos de choques observados (para determinar si el Método EB es aplicable).

Determinación de los volúmenes de tráfico: Los SPF utilizados en el paso 9 (y algunos AMF en el paso 10) incluyen los volúmenes de AADT (vehículos por día) como variable. Para un período anterior, la AADT puede determinarse mediante un registro automático o estimarse mediante una encuesta por muestreo. Para un período futuro, la AADT puede ser una estimación de pronóstico basada en la planificación adecuada del uso del suelo y los modelos de pronóstico del volumen de tráfico, o en el supuesto de que los volúmenes de tráfico actuales permanecerán relativamente constantes. Para cada segmento de la carretera, el AADT es el volumen promedio diario de tráfico bidireccional de 24 horas en ese segmento de la carretera en cada año del período que se evaluará seleccionado en el paso 8. En muchos casos, se espera que los datos AADT no estén disponibles para todos los años del período de evaluación. En ese caso, se interpola o extrapola una estimación de AADT para cada año del período de evaluación, según corresponda. Si se utiliza el método EB (que se analiza a continuación), se necesitan datos de AADT para cada año del período para el que se encuentran disponibles datos de frecuencia de accidentes observados.

Determinación de la disponibilidad de datos de accidentes observados: Cuando se está considerando un sitio existente o condiciones alternativas para un sitio existente, se utiliza el método EB. El método EB solo es aplicable cuando se dispone de datos fiables sobre choques observados del sitio de carreteras del estudio específico. Los datos observados se pueden obtener directamente del sistema de informes de accidentes de la jurisdicción. Es deseable tener al menos dos años de datos de frecuencia de accidentes observados para aplicar el método EB.

Si los datos de frecuencia de accidentes observados no están disponibles, no se llevan a cabo los pasos 6, 13 y 15 del método predictivo. En este caso, la estimación de la frecuencia promedio esperada de choques se limita al uso de un modelo predictivo (es decir, la frecuencia promedio de choques predictiva).

Paso 4: Determine las características de diseño geométrico, las características de control de tráfico y las características del sitio para todos los sitios en la red de estudio.

Para determinar las necesidades de datos relevantes y evitar la recopilación innecesaria de datos, es necesario comprender las condiciones base y los AMF en el paso 9 y el paso 10. Las siguientes características de diseño geométrico y control de tráfico se utilizan para determinar si las condiciones específicas del sitio varían de las condiciones base y, por lo tanto, si un AMF es aplicable:

- Longitud del segmento de la calzada (millas).
- AADT (vehículos por día).
- Número de carriles pasantes.
- Presencia / tipo de mediana (indivisa, dividida por mediana elevada o deprimida, twltl central).
- Presencia / tipo de estacionamiento en la calle (paralelo versus ángulo; un lado versus ambos lados de la calle).
- Número de entradas para cada tipo de entrada (comercial principal, comercial menor; industrial / institucional mayor; industrial / institucional menor; residencial mayor; residencial menor; otro).
- Densidad de objetos fijos en la carretera (objetos fijos / milla, solo se cuentan los obstáculos de 4 pulgadas o más de diámetro que no tienen un diseño separable)
- Desplazamiento medio de los objetos fijos al borde de la carretera desde el borde de la vía recorrida (pies).
- Presencia / ausencia de iluminación vial.
- Categoría de velocidad (basada en la velocidad real del tráfico o el límite de velocidad publicado).
- Presencia de control automático de la velocidad.

Paso 5: Divida la carretera o la instalación en intersecciones en segmentos de homogéneos individuales, que se denominan tramos.

Usando la información del paso 1 y del paso 4, la calzada se divide en sitios individuales, que consisten en intersecciones y segmentos de calzada homogéneos individuales. Al dividir las instalaciones de las carreteras en pequeños segmentos de carreteras homogéneas, limitar la longitud del segmento a un mínimo de 0.10 millas disminuirá la recopilación de datos y los esfuerzos de gestión.

Paso 6: Realice el análisis estadístico de cada uno de los tramos en estudio.

En el paso 3, se determinó la disponibilidad de los datos observados y si los datos podrían asignarse a ubicaciones específicas. Los choques que ocurren entre las intersecciones y no están relacionados con la presencia de una intersección se asignan al segmento de la carretera en el que ocurren; dichos choques se utilizan en el Método EB junto con la frecuencia promedio de choques prevista para el segmento de la calzada.

Paso 7: Calibrar a nuestro medio a través de un factor por procedimientos estadísticos, utilizando el método de mínimos cuadrados y la curva de regresión, tomando en cuenta la obtención de un coeficiente de correlación cercano a el valor de 1.

Si se desea una frecuencia de accidentes, el total se puede dividir por el número de años en el período de interés. La estimación para cada sitio (tramos de carretera o intersección) se realiza de uno en uno mediante los pasos 8 a 14, que se describen a continuación, se repiten para cada sitio.

Paso 8: Aplique el Método EB específico del sitio (si corresponde).

En el paso 3 se determina si el Método EB específico del sitio es aplicable. El Método EB específico del sitio combina la estimación del modelo predictivo del capítulo 12 de la frecuencia promedio de accidentes prevista, n predictivo, con la frecuencia de accidentes observada del sitio específico, n observado. Esto proporciona una estimación más confiable estadísticamente de la frecuencia promedio esperada de accidentes del sitio seleccionado. Para aplicar el Método EB específico del sitio, se utiliza el parámetro de sobre dispersión, k . El parámetro de sobre dispersión proporciona una indicación de la fiabilidad estadística del SPF. Cuanto más cercano a cero esté el parámetro de sobre dispersión, más confiable estadísticamente será el SPF. Este parámetro se utiliza en el Método EB específico del sitio para proporcionar una ponderación a n predictivo y n observado.

Paso 9: Para el sitio seleccionado, determine y aplique la función de rendimiento de seguridad (SPF) adecuada para el tipo de instalación del sitio y las funciones de control de tráfico.

Los pasos del 9 al 13, descritos a continuación, se repiten para cada año del período de evaluación como parte de la evaluación de cualquier segmento o intersección de la carretera en particular. Cada modelo predictivo consta de un SPF, que se ajusta a las condiciones específicas del sitio usando AMF (en el paso 10) y se ajusta a las condiciones

de la jurisdicción local (en el paso 11) usando un factor de calibración (c). Los SPF, AMF y el factor de calibración obtenidos en los pasos 9, 10 y 11 se aplican para calcular la frecuencia promedio de accidentes prevista para el año seleccionado del sitio seleccionado. El SPF (que es un modelo de regresión basado en datos de choques observados para un conjunto de sitios similares) determina la frecuencia promedio de choques pronosticada para un sitio con las mismas condiciones base (es decir, un conjunto específico de diseño geométrico y características de control de tráfico). El SPF para el sitio seleccionado se calcula usando el AADT determinado en el paso 3 para el año seleccionado. Cada SPF determinado en el paso 9 se proporciona con distribuciones predeterminadas de la gravedad del choque y el tipo de colisión. Estas distribuciones predeterminadas pueden beneficiarse de una actualización basada en datos locales como parte del proceso de calibración presentado.

Paso 10: Multiplique el resultado obtenido en el paso 9 por los AMF apropiados para ajustar las condiciones base al diseño geométrico específico del sitio y las características de control de tráfico.

Para tener en cuenta las diferencias entre las condiciones base y las condiciones específicas del sitio, se utilizan AMF para ajustar la estimación de SPF. Al utilizar múltiples AMF, se requiere un juicio de ingeniería para evaluar las interrelaciones y / o la independencia de los elementos o tratamientos individuales que se están considerando para su implementación dentro del mismo proyecto. Todos los AMF utilizados tienen las mismas condiciones base que los SPF (es decir, cuando el sitio específico tiene la misma condición que la condición base del SPF, el valor de AMF para esa condición es 1,00). Solo los AMF presentados en la sección de vías urbanas pueden usarse como parte del método predictivo del capítulo 12.

Paso 11: Multiplique el resultado obtenido en el paso 10 por el factor de calibración apropiado.

Cada uno de los SPF utilizados en el método predictivo se ha desarrollado con datos de jurisdicciones y períodos de tiempo específicos. La calibración a las condiciones locales tendrá en cuenta estas diferencias. Se aplica un factor de calibración (cr para segmentos de carreteras) a cada SPF en el método predictivo.

Paso 12: Sume todos los sitios y años del estudio para estimar la frecuencia total de accidentes. El número total estimado de choques dentro de los límites de la red o la instalación durante un período de estudio de n años se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$N_{\text{total}} = \sum_{\text{Todos los segmentos de via}} N_s + \sum_{\text{Todas las intersecciones}} N_{\text{int}}$$

Dónde:

- Ntotal = Número total esperado de choques dentro de los límites de dos carriles y dos sentidos para el período de interés. O, la suma de la frecuencia promedio esperada de choques para cada año para cada sitio dentro de los límites definidos de la calzada dentro del período de estudio
- Nrs = Frecuencia promedio esperada de choques para un segmento de carretera usando el método predictivo para un año específico
- Nint = Frecuencia promedio esperada de choques para una intersección usando el método predictivo para un año específico.

La anterior ecuación representa el número total esperado de choques que se estima que ocurrirán durante el período de estudio. La ecuación 7, se utiliza para estimar la frecuencia promedio total esperada de accidentes dentro de los límites de la red o la instalación durante el período de estudio.

$$N_{\text{Promedio total}} = \frac{N_{\text{total}}}{n}$$

Dónde:

- N promedio total = Frecuencia de accidentes promedio esperada total estimada que se producirá dentro de los límites definidos de la red o la instalación durante el período de estudio
- N = Número de años en el período de estudio.

Paso 13: Evalúe y compare los resultados.

El método predictivo se utiliza para proporcionar una estimación estadísticamente confiable de la frecuencia promedio esperada de choques dentro de los límites definidos

de la red o la instalación durante un período de tiempo dado, para un diseño geométrico dado y características de control de tráfico y AADT conocido o estimado. Además de estimar el total de choques, la estimación se puede realizar para diferentes tipos de gravedad de choques y diferentes tipos de colisiones. Las distribuciones predeterminadas de la gravedad del choque y el tipo de colisión se proporcionan con cada SPF. Estas distribuciones predeterminadas pueden beneficiarse de la actualización basada en datos locales como parte del proceso de calibración presentado en la parte c.

Funciones de Desempeño de Seguridad (FPS)

Las funciones de desempeño de seguridad (SPF), se han desarrollado para tipos de sitios específicos y "condiciones base", que son el diseño geométrico específico y las características de control de tráfico de un sitio "base". Los SPF suelen ser una función de unas pocas variables, principalmente AADT. Se requiere un ajuste a la predicción hecha por un SPF para tener en cuenta la diferencia entre las condiciones base, las condiciones específicas del sitio y las condiciones locales / estatales. (HSM, 2010)

La frecuencia promedio de choque predicha, N predictivo, son de la forma general que se muestra en la ecuación.

$$N_{\text{estimativo rs}} = N_{\text{spf}} \times (AMF_{1x} \times AMF_{1x} \dots AMF_{yx}) \times C_x$$

Donde:

- $N_{\text{predicted}}$ = Frecuencia promedio de accidentes pronosticada para un año específico para el tipo de sitio x
- $N_{\text{spf } x}$ = Frecuencia de choque promedio pronosticada determinada para las condiciones base del SPF desarrollado para el tipo de sitio x
- AMF_{yx} = Factores de modificación de accidentes específicos de SPF para el tipo de sitio x
- C_x = Factor de calibración para ajustar el SPF para las condiciones locales para el tipo de sitio x .

El HSM (2010) clasifica según el tipo de sitio con SPF para segmentos de carreteras como:

- Arterial no dividida de dos carriles (2U): una calzada que consta de dos carriles con una sección transversal continua que proporciona dos direcciones de viaje en las que los carriles no están físicamente separados por una distancia o una barrera.
- Arteriales de tres carriles (3T): una carretera que consta de tres carriles con una sección transversal continua que proporciona dos direcciones de viaje en las que el carril central es un carril de doble sentido para dar vuelta a la izquierda (TWLTL).
- Arteriales no divididas de cuatro carriles (4U): una calzada que consta de cuatro carriles con una sección transversal continua que proporciona dos direcciones de viaje en las que los carriles no están físicamente separados por una distancia o una barrera.

Factores que Modifican Accidentes

Factores de Modificación de Accidentes, AMF. Representa el cambio relativo en una frecuencia de accidentes debido al cambio en una condición específica, cuando todas las otras condiciones y características del lugar permanecen constantes.

Es la relación de una frecuencia de accidentes en un mismo lugar bajo dos condiciones:

$$AMF = \frac{\text{Frecuencia de accidentes Condicion b}}{\text{Frecuencia de Accidentes condicion a}}$$

Un Factor de Modificación de Accidentes AMF sirve como estimador del efecto de una característica de diseño geométrico particular o de control de tránsito o de la efectividad de un tratamiento o condición particular AMF en el HSM. En el Manual de Seguridad Vial, HSM, los valores de AMF se determinan para un conjunto de condiciones básicas, que cumplen la función de condición 'a' en la ecuación, esto permite comparar opciones de tratamiento respecto de una condición de referencia, bajo las condiciones básicas el valor de AMF es 1, valores de AMF menores que 1 indican que el tratamiento alternativo reduce la frecuencia de accidentes, en comparación con la condición básica, valores de AMF mayores que 1 indican que el tratamiento alternativo aumenta la frecuencia de accidentes, en comparación con la condición básica.

La relación entre un AMF y el cambio en el porcentaje de la frecuencia de accidentes es:

$$\% \text{ reducción de accidentes ARF} = (1 - \text{AMF}) \times 100$$

A modo de ejemplo, un AMF de 0.7 corresponde a una reducción del 30% en los accidentes, un AMF de 1.2 corresponde a un aumento del 20% en los accidentes. Según el nivel de investigación realizada, la frecuencia de accidentes puede cuantificarse mediante un AMF, o describirse por las tendencias, (por ejemplo, parece causar una disminución en los accidentes totales).

La investigación que desarrolló el HSM estableció un proceso de selección y convocó a una serie de paneles de expertos para determinar cuáles AMF se considera suficientemente confiables como para incluirlos en el HSM.

La Modificación del Accidente Factorizada para Segmentos:

AMF_{1r} – para estacionamiento en la calle

La condición base es la ausencia de estacionamiento en la calle

$$\text{AMF}_{1r} = 1 + P_{pk} \times (f_{pk} - 1)$$

Donde:

- AMF_{1r} = Factor de modificación de accidente por el efecto de aparcamiento en la calle.
- f_{pk} = Factor de aparcamiento ver Tabla 2.5
- P_{pk} = Proporción de longitud de la restricción con el aparcamiento en la calle.

$$P_{pk} = \frac{0,5 \times L_{pk}}{L}$$

- L_{pk} = La suma de longitud de la restricción del aparcamiento en la calle para ambos lados del camino (millas).
- L = Longitud de segmento de la carretera (las millas).

Tabla 2.5 Tipo de Aparcamiento

Estacionamiento; Tipo de calle	fpk (2U)	fpk (3T)	fpk (4U)	fpk (4D)	fpk (5T)
Estacionamiento en paralelo; Residencial/otro	1,465	1,465	1,1	1,1	1,1
Estacionamiento en paralelo; Comercial o Industrial/Institucional	2,074	3,074	4,074	5,074	6,074
Estacionamiento en angulo; Residencial/otro	3,428	4,428	5,428	6,428	7,428
Estacionamiento en angulo; Comercial o Industrial/Institucional	4,853	5,853	6,853	7,853	8,853

Fuente. -Highway Safety Manual — (1 st Edition)

AMF_{2r} - Para objetos fijos en la vía

La condición básica es la ausencia de objetos fijos en el segmento de la vía

$$AMF_{2r} = F_{offset} \times D_{fo} \times P_{fo} + (1 - P_{fo})$$

Donde:

- AMF_{2r} = Factor de modificación de accidente por consecuencia de objetos fijos en la vía sobre el total de accidentes.
- f_{offset} = Factor de desplazamiento objetos.
- D_{fo} = Densidad del objeto fijo para ambos lados del camino (objeto fijo/milla)
- P_{fo} = Colisiones del objeto fijo como una proporción de accidentes totales.

D_{fo} es solo para determinar objetos con un diámetro mayor a 4 pulgadas además los objetos puntuales que están en un intervalo de 70 pies de la vía se cuentan como un solo objeto, La distancia de desplazamiento (D_{fo}) que se observa en la tabla 2.6 del HSM es la distancia promedio desde el bordillo de la vía hasta el objeto puntual, si este valor es mayor a 30 pies, se usa el valor de 30 pies de la tabla 2.6, los objetos fijos que se encuentran en la mediana no se toman en cuenta.

Recomendaciones:

Este AMF aplica para sumar las caídas de segmento de carretera. Si el valor computado de MF_{2r} está menos de 1.00, es el igual fijo a 1.00. Esto sólo puede ocurrir para un objeto fijo muy bajo de densidades. Estimando la densidad de objetos fijos (D_{fo}), sólo objetos del punto que son 4 pulgadas o más en el diámetro y no es considerado.

Tabla 2.6 Factor desplazamiento de Objetos Fijos

Distancia a objetos fijos (Ofo)(ft)	Factor de distancia de objetos fijos (Foffset)
2	0,232
5	0,133
10	0,087
15	0,068
20	0,057
25	0,049
≥30	0,044

Fuente. -Highway Safety Manual

Tabla 2.7 Ancho de mediana de segmentos de vía divididos

Tipo de vía	Proporción de objetos fijos (Pfo)
2U	0,059
3T	0,034

Fuente. -Highway Safety Manual

AMF3r –Para ancho de mediana

Un AMF para el ancho del medio en los segmentos de la carretera, se divide en urbano y suburbano, la condición para este AMF es un ancho del medio de 15-pie.

El efecto de barreras de tráfico en la seguridad podría esperarse que sea una función de tipo de la barrera y compense, en lugar del ancho del medio, sin embargo, los efectos de estos factores en la seguridad no se han cuantificado hasta que una información confiable esté disponible, un valor de AMF de 1.00, se usa para la mediana con las barreras de tráfico. El valor de este AMF es 1.00 para no dividir los medios.

Tabla 2.8 Proporción de accidentes por objetos fijos

Ancho del medio (Ft)	AMF
10	1,01
15	1,00
20	0,99
30	0,98
40	0,97
50	0,96
60	0,95
70	0,94
80	0,93
90	0,93
100	0,92

Fuente. -Highway Safety Manual

AMF_{4r} -Iluminación

La condición base es la ausencia de iluminación

$$AMF_{4r} = 1 - (P_{nr} \times (1 - 0,72 \times P_{inr} - 0,83 \times P_{pnr}))$$

Donde:

- AMF_{4r} = Factor de modificación de accidente para el efecto de iluminación en la vía sobre el total de accidentes.
- P_{inr} = Proporción de accidentes de la noche totales para segmentos de vía que involucran una fatalidad o lesión.
- P_{pnr} = Proporción de accidentes de la noche totales para segmentos de vía que sólo involucran el daño de propiedad.
- P_{nr} = Proporción de accidentes totales para segmentos de vía, si eso ocurre por la noche.

AMF_{4r} aplica para sumar los accidentes de segmento de carretera.

Tabla 2.7 Proporción de accidentes nocturnos para vías sin iluminación

Tipo de segmento de la vía	(2U)	(3T)	(4U)	(4D)	(5T)
Proporción de accidentes en la noche para segmentos no iluminados que involucran muertes lesiones (P _{inr})	0,42	0,43	0,52	0,36	0,43
Proporción de accidentes en la noche para segmentos no iluminados que involucran solo daños materiales (P _{pnr})	0,58	0,57	0,48	0,64	0,57
Proporción de accidentes totales en la noche para segmentos no iluminados (P _{nr})	0,32	0,30	0,37	0,41	0,27

Fuente. -Highway Safety Manual — (1 st Edition)

AMF5r –Para control de velocidad automática

Es un sistema de laser o radar automatizado de control de velocidad en el cual detecta los conductores que van con exceso de velocidad por medio de videos o fotografías. La condición base para este AMF es la ausencia de controles de velocidad automática.

La Modificación del Accidente Factorizada para las Intersecciones

Los efectos de plan geométrico individual y rasgos de mando de tráfico se representan las intersecciones en los modelos de la estimación por AMFs. AMF1i. Se aplican AMF4i a las colisiones del vehículo que choca a las intersecciones, pero no al vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta.

MF1i -Intersección Izquierdo

Una condición desfavorable para la intersección cuando se vuelve por la izquierda de sendas es la ausencia de sendas de giro a la izquierda en los acercamientos de la intersección.

Los AMFs para la presencia de sendas del izquierdo-giro son presentados en la tabla 2.10 Estos AMFs aplican a la instalación de sendas del izquierdo-giro en cualquiera de los casos que se acerque a una intersección. El AMFs para la instalación de izquierdo-giro las sendas en los acercamientos múltiples a una intersección son iguales al AMF correspondiente para la instalación de una senda del izquierdo-giro en un acercamiento, es igual al número de acercamientos con izquierdo-vuelta las sendas, si no hay ninguna indicación de cualquier cambio en la frecuencia de accidentes por proporcionar una senda del izquierdo-giro en un acercamiento, controlado por una parada firme, para la presencia

de una senda del izquierdo-giro en un acercamiento, detener-controlado no considerado aplicando, Tabla 2.10.

Los AMFs en la Tabla 2.10 aplican para sumar la intersección donde se producen choques (no incluye el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta), los AMFs para la instalación de sendas del izquierdo-giro están basados en la investigación por el Harwood. Un AMF igual a 1.00

Tabla 2.8 Número de Acercamientos

El tipo de intersección	El mando de tráfico de intersección	El número de acercamientos con izquierdo - vuelva las sendas			
		1 acercamiento	2 acercamiento	3 acercamiento	4 acercamiento
La intersección de las tres piernas	El mando de parada de camino menor	0,67	0,45		
	El semáforo	0,93	0,86	0,80	
La intersección de las cuatro piernas	El mando de parada de camino menor	0,73	0,53		
	El semáforo	0,90	0,81	0,73	0,66

Fuente. -Highway Safety Manual — (1 st Edition)

AMF2i -Intersección Izquierdo Escalonando Señalados

El AMF para izquierdo-vuelva los escalonando señalados, esté basado en los resultados de trabajo por Hauer, modificado en un estudio por el Lyon.

Los tipos de izquierdo-giro escalonando señalados, consideraron se incluya: permisivo, protegido, el protegido/permisivo, y permisivo/protegido, el funcionamiento de Protegido/permisivo también es llamado un izquierdo-giro principal la fase señalada, el funcionamiento del permisivo/protegido también es llamado un izquierdo-giro retrasándose la fase señalada.

Los valores de AMF se presentan en la tabla 2.11 la condición baja para este AMF es permisivo izquierdo-vuelva los escalonando señalados, este AMF aplica para sumar las caídas de la intersección (no incluso el vehículo-peatón y colisiones de la vehículo-bicicleta) y es aplicable sólo a las intersecciones, un valor de AMF de 1.00 siempre se usa

para las intersecciones. Si varios acercamientos a una intersección tienen el izquierdo-giro escalonado, en él se multiplica los valores de AMF2i.

Tabla 2.9 Tipo de Giro Escalonado Señalado

Tipo de giro escalonado señalado	AMF2i
Protegido	1
Protegido/Permitido o Permitido/Protegido	0,99
Permitido	0,94

Fuente. -Highway Safety Manual — (1 st Edition).

AMF3i -Intersección Derecho

La condición para la intersección derecho-vuelve las sendas que no permite el giro por el derecho de la senda en los acercamientos de la intersección.

El AMFs para la presencia de senda de la derecha-giro basado en la investigación por el Harwood se presenta en la tabla 2.12 estos AMFs pueden aplicarse a la instalación de sendas del giro derecho en cualquier acercamiento a una intersección, pero sólo en los acercamientos del mayor-camino de las intersecciones controladas.

El AMFs para la instalación de sendas del giro derecho en los acercamientos múltiples a una la intersección es igual al AMF correspondiente para la instalación de una senda del giro derecho en un acercamiento levantado a un igual de poder al número de acercamientos con regreso de la senda derecha, no hay ninguna indicación de cualquier cambio en la frecuencia de la caída por proporcionar un regreso de la senda derecha en un acercamiento controlado por una señal de la PARADA, para que la presencia de un giro derecho la senda en un acercamiento. Tener-controlado no es considerada aplicando la tabla 2.12

Los AMFs en la tabla 2.12 aplican para sumar los accidentes de la intersección (no incluyen el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta). Un valor de AMF de 1.00 siempre es usado cuando ningún derecho-vuelva las sendas están presentes. Este AMF sólo aplica para volver la senda derecha, se identifica marcando o firmando. El AMF no

es aplicables, las señales luminosas, o pavimento por que pueden usarse informalmente vuelven a la derecha del tráfico.

Tabla 2.10 Número de acercamientos

El tipo de intersección	El mando de tráfico de intersección	El número de acercamientos con izquierdo - vuelva las sendas			
		1 acercamiento	2 acercamiento	3 acercamiento	4 acercamiento
La intersección de las tres piernas	El mando de parada de camino menor	0,86	0,74		
	El semáforo	0,96	0,92	0,8	
La intersección de las cuatro piernas	El mando de parada de camino menor	0,86	0,74		
	El semáforo	0,96	0,92	0,88	0,85

Fuente. -Highway Safety Manual — (1 st Edition)

AMF4i -Giro Correcto en la Red

El AMF por prohibir el giro correcto en la red encendido o más acercamientos a una intersección señalizado se ha derivado de un estudio por Clark y del AMFs para funcionamiento de volver a la derecha en-rojo. La condición baja para AMF4i está permitiendo un giro incorrecto en absoluto en la red los acercamientos a una intersección señalizado. El AMF es determinado como:

$$AMF_{4i} = 0,98(n_{prohib})$$

Donde,

- AMF_{4i} = Factor de modificación de accidentes a efecto de prohibir el derecho los giros en la red en los accidentes total.
- n_{prohib} = El número de intersección para que el derecho encienda semáforos de la red se prohíbe.

Este AMF aplica para sumar los accidentes de la intersección (no incluso el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta) y sólo es aplicable a las intersecciones.

AMF5i -Encendiendo

La baja condición por encender es la ausencia de iluminación en la intersección.

$$AMF_{si} = 1 - 0,38 \times P_{ni}$$

Donde:

- AMF_{si} = Factor de modificación de accidentes a efecto de intersección encendido en el total de accidentes.
- P_{ni} = Proporción de accidentes totales para las intersecciones que ocurran por la noche.

Este AMF aplica para sumar los accidentes de la intersección (no incluso el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta).

AMF₆₁ -la Red las Cámaras Ligeras

La baja condición para las cámaras de luz rojas es su ausencia, el AMF para la instalación de una cámara ligera roja para la entrada, violaciones de la luz roja a una intersección señalizado es basado en una evaluación por el Persaud.

Este estudio indica un AMF para la instalación de cámara de luz roja de 0.74 para las colisiones del ángulo recto y un AMF de 1.18 para las colisiones del trasero-fin.

En otros términos, se esperaría las luces rojas de las cámaras ligeras, para reducir las colisiones del ángulo recto y las colisiones de trasero, no hay ninguna evidencia que la instalación de la cámara ligera roja afecta otros tipos de colisión. Por consiguiente, un AMF para el efecto de cámara de luz roja la instalación en el accidente del total puede computarse con las ecuaciones siguientes:

$$AMF_{61} = 1 - P_{ra} \times (1 - 0,74) - P_{re} \times (1 - 1,18)$$

Donde:

- AMF_{61} = Factor de modificación de accidente para la instalación de luz roja en las cámaras en las intersecciones señalizadas.
- P_{ra} = Proporción de caídas que son el múltiple-vehículo, el ángulo recto, las colisiones.
- P_{re} = Proporción de caídas que son el múltiple-vehículo, el trasero-fin, las colisiones.

Calibración del Módulo de Accidentes

Condiciones Locales Geográficas de la Zona (Cr)

La calibración de los SPFS para las condiciones locales del método estimativo; el modelo predictivo es calibrado para las condiciones locales estatales o geográficas.

Las frecuencias de accidente, aún para segmentos nominalmente similares o intersecciones, pueden ampliamente diferenciarse de una jurisdicción a otro, las regiones geográficas difieren notablemente en el clima, población animal, características del conductor, accidentes dando cuenta del umbral, y el accidente a partir de prácticas, estas variaciones pueden darse en algunas jurisdicciones experimentando un número diferente de accidentes de tránsito.

Los factores de calibración son incluidos en la metodología para permitir el ajustar de los SPFs para hacer juego con condiciones locales reales, la calibración factoriza para segmentos y las intersecciones (definidas como Cr y Ci, respectivamente).

Los factores de calibración proveen un método de incorporar datos locales para mejorar frecuencias estimadas de accidente para agencias individuales o las posiciones. Varios otros valores predeterminados usaron en el método predictivo, como la distribución de tipo de colisión; también pueden ser reemplazados con valores localmente derivados. Las Funciones o factores que ajustan la SPF calculada, a partir de las condiciones base a las condiciones Propuestas Toma en cuenta la diferencia entre las condiciones base y las condiciones específicas para el sitio en Cuestión.

C = 1.0: Tiene las mismas condiciones base o el Tratamiento no tiene ningún efecto en la frecuencia esperada de choques

C < 1.0: El tratamiento reduce la frecuencia esperada de los choques

C > 1.0: El tratamiento aumenta la frecuencia esperada de los choques

Condiciones Base (N base)

- Para Segmentos entre Intersecciones en Vías Urbanos y Sub urbanos

Nbrsv Accidentes del solo - vehículo

$$N_{spfs} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT) + LN(L))}$$

Donde:

- N_{spfs} = Frecuencia de la caída total por las condiciones base del segmento de la vía.
- AADT = Tráfico promedio diario anual (vehículos por día).
- L= Longitud de segmento de la vía(millas).
- a, b = Coeficientes de la regresión.
- Para Intersecciones Vías Urbanas y Suburbana

N brsv Accidentes de colisión de vehículo

$$N_{spfs\ int} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT)+c \times \ln(AADT_{min}))}$$

Dónde:

- $N_{spf\ int}$ =Frecuencia de la caída total por las condiciones base del segmento de la vía.
- $AADT_{maj}$ = Tráfico promedio diario anual (vehículos por día), para la vía mayor en direcciones del viaje.
- $AADT_{min}$ = Tráfico promedio diario anual (vehículos por día), para la vía menor en direcciones del viaje.
- L = Longitud de segmento de la vía (millas)
- a, b, c = Coeficientes de la regresión.

Método Predictivo HSM Parte D

Para cada tipo de instalación, se encuentran los modelos de predicción para condiciones base establecidas. Los CMFs (Crash modification factors) cuantifican el cambio en la frecuencia de accidente promedio esperado como resultado de modificaciones geométricas y operacionales al sitio que difieren de las condiciones base establecidas.

La Parte D proporciona un catálogo de tratamientos organizados por tipo de sitio:

- Capítulo 13 – Segmentos Viales.
- Capítulo 14 – Intersecciones.
- Capítulo 15 – Intercambios.
- Capítulo 16 – Instalaciones Especiales.

- Capítulo 17 – Redes Viales

Los CMFs son de fácil aplicación en cualquier diseño o proceso de evaluación donde se estén considerando tratamientos opcionales. Los CMFs también son una adición valiosa a la documentación de las excepciones de diseño.

CAPÍTULO III

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

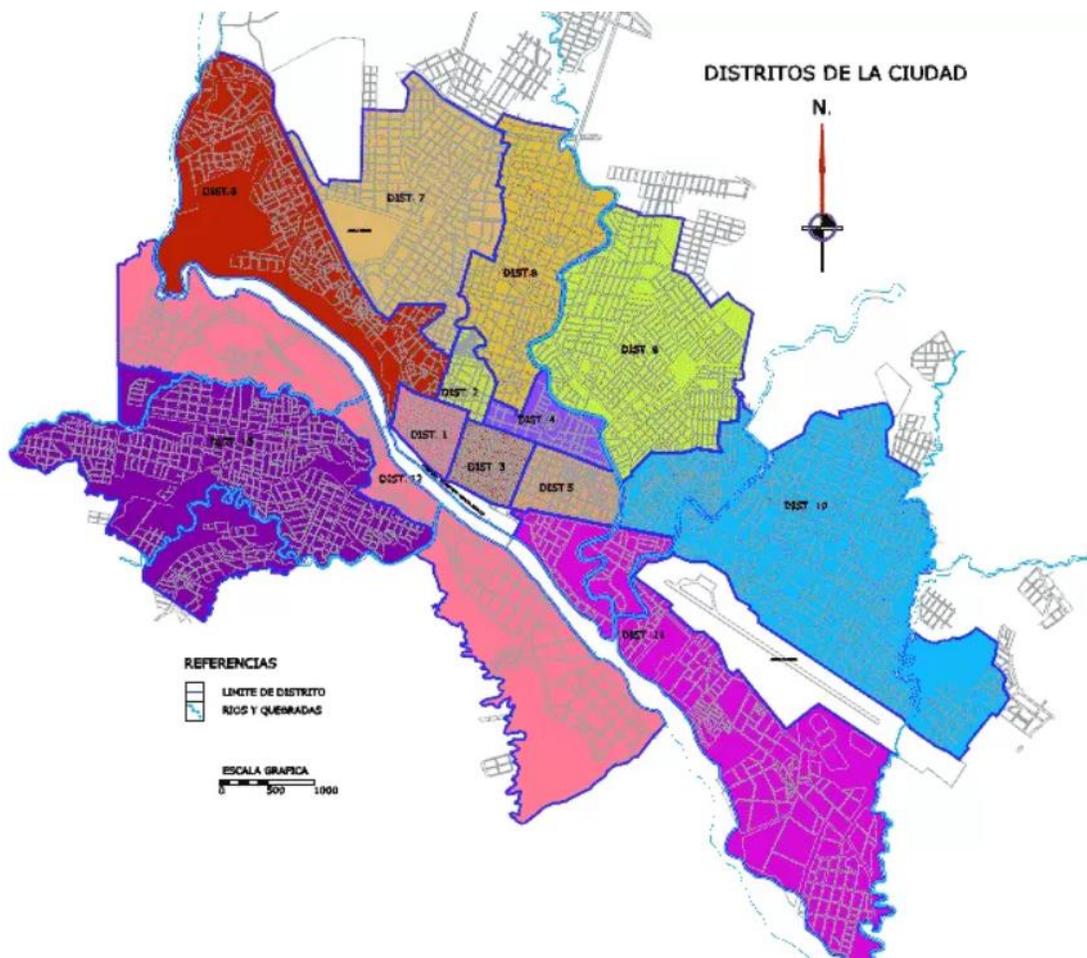
CAPÍTULO III

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

3.1 UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Tarija perteneciente a la Provincia Cercado, más concretamente aplicado a el Área Urbana.

Tabla 3.1 Área Urbana Ciudad de Tarija



Fuente. - Planos de diagnóstico de la ciudad de Tarija-Bibliocad

3.1.1 Ubicación de los tramos en estudio

El mapeo de los tramos donde se realizó el estudio son 4, escogidos a partir de datos proporcionados por el comando departamental de policía. Ver ANEXOS (III). Con la información obtenida se escogió los tramos más críticos donde son recurrentes los accidentes de tránsito.

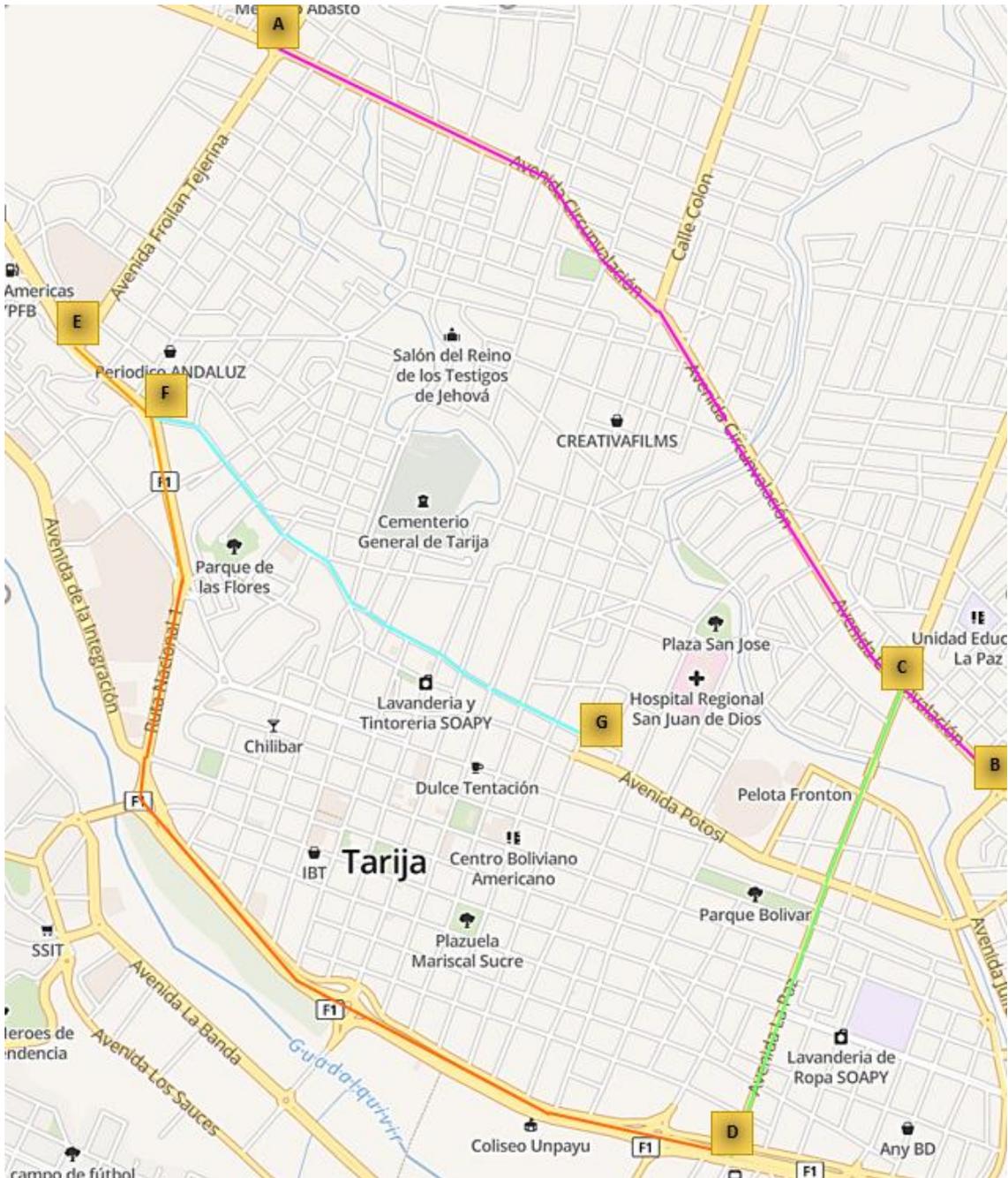
El tramo A-B tiene inicio en la intersección: Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina, finaliza en la intersección: Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco, cuenta con alrededor de 86 accidentes por año, esta avenida fue escogida debido a la cantidad de accidentes y a la gran cantidad de tráfico que soporta.

El tramo C-D tienen inicio en la intersección: Av. La Paz y Av. Circunvalación, finaliza en la intersección: Av. La Paz y Av. Víctor Paz E, cuenta con alrededor de 25 accidentes por año, esta avenida fue escogida debido al congestionamiento vehicular que existe sobre todo en las horas pico.

El tramo D-E tiene inicio en la intersección: Av. Víctor Paz y Av. La Paz, finaliza en la intersección: Av. Panamericana y Av. Froilán Tejerina, cuenta con alrededor de 79 accidentes por año, esta avenida fue escogida debido a la cantidad de accidentes que presenta y por qué en la mayoría de sus intersecciones no cuenta con semáforo ni iluminación.

El tramo F-G tiene inicio en la intersección: Calle Cochabamba y calle Humberto Portocarrero y finaliza en la calle Cochabamba y calle Méndez, cuenta con alrededor de 23 accidentes por año, esta calle se escogió debido a que es una de las más antiguas de la ciudad de Tarija.

Imagen 3.1 Ubicación de los tramos en estudio



Fuente: Google maps

3.1.2 Clasificación de los tramos en estudio

Para las intersecciones que forman parte de los sub tramos en estudio se escogieron entre 2 y 4 intersecciones de cada sub tramo, dependiendo la amplitud de las vías estudiadas,

las cuales son las más representativas de dichos tramos, quiere decir con mayor circulación vehicular.

Tabla 3.2 Intersecciones pertenecientes a los tramos de estudio

Tramo	Intersecciones
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Cric. y Calle Mejillones
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez

Fuente: Elaboracion Propia

3.2 PERIODO DE ESTUDIO

El sistema para desarrollar este proyecto en la aplicación práctica y calibración del módulo de accidentes es mediante recolección de datos del Comando departamental de policía de la ciudad de Tarija, cuyos reportes datan del año (2015 a 2019): Por lo tanto, el periodo de estudio es de 5 años consecutivos.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE TRAFICO

3.3.1 Tipos de Vehículos

La diversidad de vehículos existentes en nuestro país y para tratar de simplificar esta diversidad es que la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.) ha clasificado los vehículos del país en 4 grandes grupos, de acuerdo a algunas características sobresalientes.

En base a la clasificación de la ABC se tiene en nuestra área de estudio los siguientes tipos de vehículos:

- VP → Vehículos livianos como automóviles, camionetas, vagonetas, minibuses, etc.

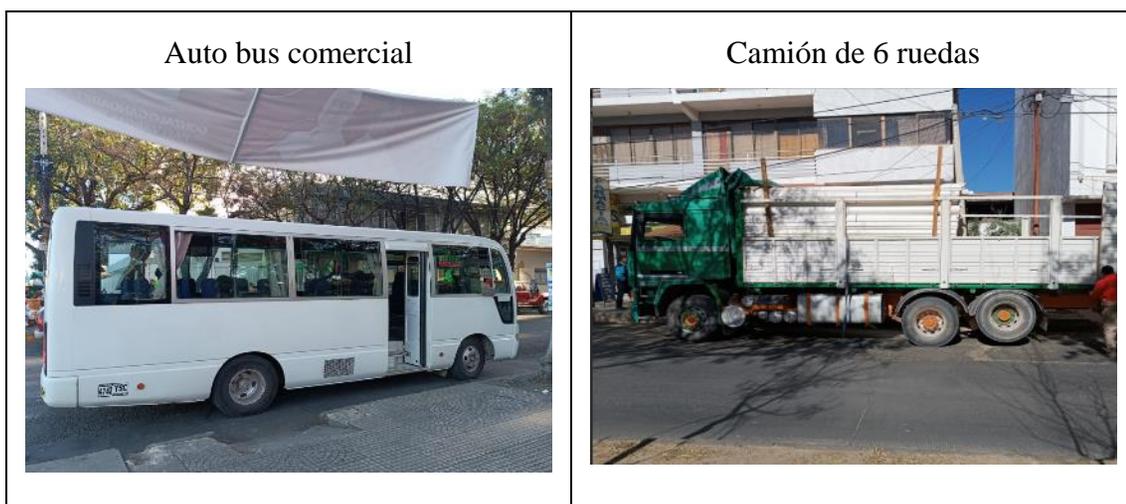
Imagen 3.2 Vehículos Livianos



Fuente. -Elaboración Propia

- CO → Vehículos comerciales de dos ejes, comprenden a camiones y autobuses comerciales, normalmente de dos ejes y 6 ruedas

Imagen 3.3 Vehículos Comerciales de dos ejes



Fuente. -Elaboración Propia

- **O**→ Automóviles de mayores dimensiones, y camiones de mayores dimensiones. Los autobuses empleados generalmente para viajes de largas distancias y turismo. Estos vehículos son de mayor longitud que las CO y pueden contar con 3 ejes.

Imagen 3.4 Automóviles de Mayores Dimensiones



Fuente. -Elaboración Propia

- **SR**→ Vehículo comercial articulado, compuesto normalmente de una unidad tractora y un semi-remolque o remolque de 2 ejes o más.

Imagen 3.5 Vehículo comercial articulado



Fuente. -Elaboración Propia

3.3.2 Aforos

Los aforos realizados se hicieron mediante la norma AASTHO, dado que, en el año 2010, la American Association of State Highway and Transportation Officials lanzó la primera edición del manual que se está desarrollando en el presente proyecto, el HSM.

Es importante mencionar que el procedimiento establecido por la norma AASTHO permite conocer de forma más detallada: el comportamiento vehicular en los tramos estudiados, el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc.

Se realizó el recuento de forma manual ya que es más efectivo, pero requiere de mucho más personal de operadores o aforadores y ello representa un presupuesto. Los recuentos manuales son recomendados para proyectos específicos de corta duración o en forma periódica.

Se elaboró una ficha de conteo vehicular teniendo en cuenta tipos y clasificación de vehículos:

Tabla 3.3 Ficha de recolección de datos

Intersección:		Croquis:				
Fecha y hora:						
Aforador						
	Vehículos públicos			Vehículos privados		
	Izquierda	Frente	Derecha	Izquierda	Frente	Derecha
Liviano						
Mediano						
Pesado						

Fuente. -Elaboración Propia

3.3.3 Recopilación de los datos de tráfico

Determinación de la hora Pico

Inicialmente se realizó la determinación de las horas pico, aforando a través del método manual, durante un total de 16 horas seguidas en la intersección más crítica: Avenida Circunvalación y Av. Froilán Tejerina.

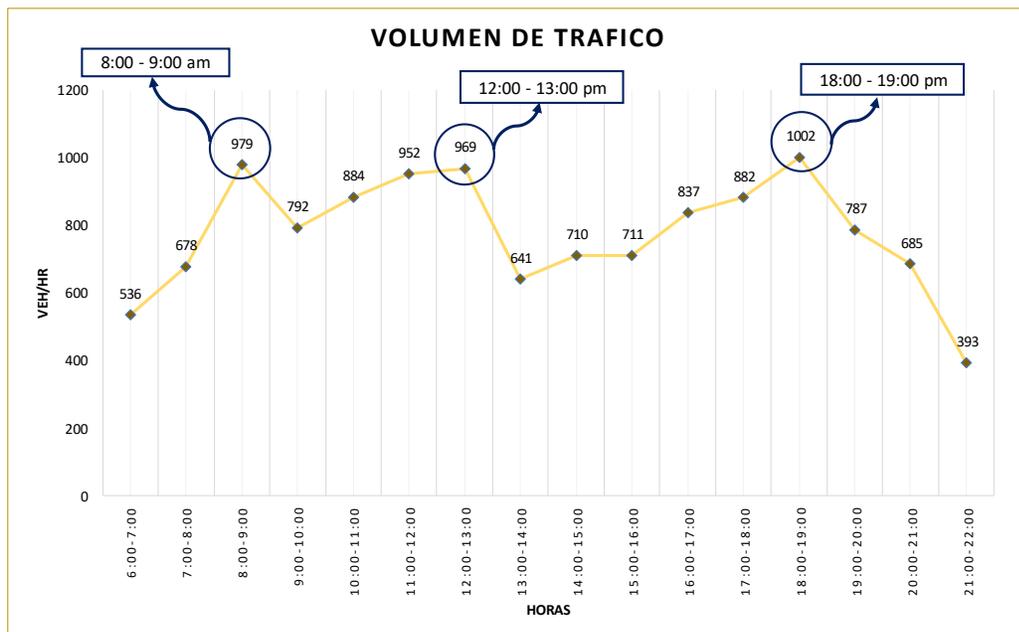
Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.3, la cual nos ayudara a identificar las horas pico.

Tabla 3.4 Determinación de horas pico

Horas	Livianos	Medianos	Pesados	Veh/_Hr	Intervalo de Hora
6:00 - 7:00	467	31	38	536	1
7:00 - 8:00	631	11	36	678	1
8:00 - 9:00	908	35	36	979	1
9:00 - 10:00	740	16	36	792	1
10:00 - 11:00	808	16	60	884	1
11:00 - 12:00	889	21	42	952	1
12:00 - 13:00	897	17	55	969	1
13:00 - 14:00	589	2	50	641	1
14:00 - 15:00	639	20	51	710	1
15:00 - 16:00	671	12	28	711	1
16:00 - 17:00	763	35	39	837	1
17:00 - 18:00	806	25	51	882	1
18:00 - 19:00	912	32	58	1002	1
19:00 - 20:00	724	21	42	787	1
21:00 - 22:00	643	19	23	685	1
22:00 - 23:00	354	21	18	393	1
Horas totales de afloración					16

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.1 Determinación de horas pico



Fuente: Elaboración Propia

Las horas picos que se identificaron fueron:

Tabla 3.5 Horas pico

Mañana	8:00 am. a 9:00 am.
Tarde	12:00 am. a 13:00 pm.
Noche	18:00 pm. a 19:00 pm.

Fuente: Elaboración propia

Volumen de tráfico

Los datos de volumen de tráfico fueron obtenidos a través de aforos realizados en tres horas pico del día de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm y de 18:00 pm a 19:00 pm, tres días por semana (dos días hábiles y uno día inhábil), con el apoyo de 10 operadores durante 4 semanas, posteriormente los datos obtenidos fueron tabulados en hojas de cálculo de Excel y con fórmulas estadísticas se depuro algunos datos para así poder determinar valores confiables del TMD (tráfico medio diario) para cada tramo.

Se mostrará el detalle de toma de datos y de cálculo únicamente del tramo A-B, y se mostraran resultados obtenidos de los tramos en estudio, de los cuales su detalle se mostrará en la parte de los anexos.

Tabla 3.6 Volumen de intersección 1 del tramo A-B

Intersección: Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina													
Accesos		Este			Sur			Oeste			Norte		
Semana 1													
Día	Hora	G. Izq.	Frente	G. Der.									
Lunes	8:00-9:00	140	340	208	28	128	92	124	312	168	32	76	68
	12:00-13:00	172	324	156	24	140	108	144	352	216	32	88	64
	18:00-19:00	128	348	176	24	96	96	120	332	168	32	84	48
Miércoles	8:00-9:00	116	312	220	24	84	112	24	288	196	24	60	56
	12:00-13:00	124	340	200	20	108	100	132	344	216	32	84	64
	18:00-19:00	108	308	208	20	72	100	108	328	228	24	64	40
Sábado	8:00-9:00	104	316	204	32	104	88	140	192	188	24	64	72
	12:00-13:00	172	300	180	88	116	108	152	176	184	12	68	32
	18:00-19:00	136	272	184	56	96	104	136	212	160	28	52	44
Semana 2													
Lunes	8:00-9:00	172	422	240	36	96	72	84	236	128	32	64	60
	12:00-13:00	184	327	168	28	100	88	168	264	140	28	88	72
	18:00-19:00	156	376	192	20	64	40	100	204	140	28	84	32
Miércoles	8:00-9:00	160	422	232	8	92	80	16	236	96	16	60	40
	12:00-13:00	184	331	212	24	72	64	108	132	92	24	68	52
	18:00-19:00	168	368	248	36	56	40	100	180	124	36	64	36
Sábado	8:00-9:00	140	422	208	16	80	72	68	236	88	16	60	72
	12:00-13:00	172	275	156	12	72	56	112	136	112	20	60	24
	18:00-19:00	128	348	176	16	72	40	88	196	128	32	56	52
Semana 3													
Lunes	8:00-9:00	184	380	268	20	100	76	92	184	140	24	70	52
	12:00-13:00	148	352	196	12	116	80	136	244	148	28	56	60
	18:00-19:00	132	368	184	32	72	52	112	224	148	28	67	48
Miércoles	8:00-9:00	168	372	232	24	108	88	24	152	120	24	68	76
	12:00-13:00	196	340	192	24	72	76	132	148	128	32	68	56
	18:00-19:00	140	336	212	12	56	60	92	184	140	16	72	32
Sábado	8:00-9:00	176	328	236	12	88	72	80	148	88	36	80	64
	12:00-13:00	196	336	172	12	72	64	112	140	108	24	84	32
	18:00-19:00	168	332	188	24	72	48	96	216	164	28	68	44
Semana 4													
Lunes	8:00-9:00	76	422	172	16	84	76	88	236	136	24	56	56
	12:00-13:00	128	287	160	8	108	80	152	236	172	24	80	48
	18:00-19:00	100	324	128	20	64	44	112	216	168	32	64	44
Miércoles	8:00-9:00	92	422	228	20	92	88	28	236	140	28	60	48
	12:00-13:00	140	232	168	20	72	56	100	216	144	32	68	64
	18:00-19:00	100	210	184	20	48	36	100	184	140	24	72	40
Sábado	8:00-9:00	48	422	192	8	76	60	92	236	156	24	68	64
	12:00-13:00	136	226	172	12	80	60	136	204	144	12	52	32
	18:00-19:00	100	292	152	24	72	48	116	172	108	20	60	44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Volumen de intersección 2 del tramo A-B

Intersección: Av. Circunvalación y Calle Mejillones													
Accesos		Este			Sur			Oeste			Norte		
Semana 1													
Día	Hora	G. Izq.	Frente	G. Der.									
Lunes	8:00-9:00	60	220	188	20	100	84	72	168	148	28	76	60
	12:00-13:00	160	208	140	12	120	88	144	272	160	32	88	64
	18:00-19:00	112	208	136	24	72	48	108	192	116	32	84	48
Miércoles	8:00-9:00	52	328	160	32	88	96	48	156	116	48	64	44
	12:00-13:00	160	180	144	24	104	92	132	228	148	36	100	92
	18:00-19:00	116	168	104	28	72	40	120	164	120	36	92	52
Sábado	8:00-9:00	80	156	104	32	120	68	108	164	76	40	92	28
	12:00-13:00	84	184	64	28	44	120	72	156	92	48	48	60
	18:00-19:00	88	176	100	48	72	32	100	180	84	44	100	36
Semana 2													
Lunes	8:00-9:00	72	180	144	20	92	76	72	156	124	24	72	60
	12:00-13:00	140	176	120	36	100	80	176	188	120	28	96	76
	18:00-19:00	116	180	104	16	64	48	108	164	148	28	88	40
Miércoles	8:00-9:00	40	156	156	16	96	80	20	156	92	20	64	48
	12:00-13:00	104	168	108	28	72	60	108	124	84	28	72	60
	18:00-19:00	104	148	104	20	68	40	100	176	132	28	64	36
Sábado	8:00-9:00	32	212	164	8	84	64	68	120	92	16	60	76
	12:00-13:00	136	160	120	8	76	64	108	140	108	24	64	24
	18:00-19:00	96	140	96	20	76	40	80	200	136	24	68	40
Semana 3													
Lunes	8:00-9:00	44	172	176	20	72	72	80	168	112	20	64	52
	12:00-13:00	148	235	144	16	104	72	140	184	144	36	92	64
	18:00-19:00	116	180	124	24	72	56	112	156	120	36	92	60
Miércoles	8:00-9:00	32	176	180	24	96	76	28	164	116	28	64	52
	12:00-13:00	120	172	140	16	96	88	128	264	148	40	80	44
	18:00-19:00	116	172	128	40	68	40	100	180	112	28	68	48
Sábado	8:00-9:00	48	188	188	12	108	88	76	156	124	32	76	68
	12:00-13:00	160	196	148	12	112	96	140	276	164	32	80	64
	18:00-19:00	104	164	124	16	76	68	96	184	120	32	76	40
Semana 4													
Lunes	8:00-9:00	40	212	168	16	104	56	68	108	116	40	68	48
	12:00-13:00	168	192	148	12	104	80	120	176	152	32	80	64
	18:00-19:00	108	188	152	16	68	48	104	136	100	24	80	48
Miércoles	8:00-9:00	36	224	176	12	96	72	28	152	128	28	60	52
	12:00-13:00	160	188	140	12	116	88	88	228	128	24	64	56
	18:00-19:00	100	192	112	16	76	44	92	140	112	32	96	56
Sábado	8:00-9:00	36	212	180	16	108	72	64	160	116	32	60	52
	12:00-13:00	160	196	140	12	112	88	136	220	164	32	84	52
	18:00-19:00	108	188	120	16	68	48	100	180	112	28	76	36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Volumen de intersección 3 del tramo A-B

Intersección: Av. Circunvalación y Calle Santa Cruz													
Accesos		Este			Sur			Oeste			Norte		
Semana 1													
Día	Hora	G. Izq.	Frente	G. Der.									
Lunes	8:00-9:00	52	422	184	16	52	44	72	236	128	32	40	36
	12:00-13:00	76	239	136	20	88	48	108	232	136	20	52	44
	18:00-19:00	80	228	132	24	48	36	92	204	132	28	44	32
Miercoles	8:00-9:00	60	422	144	20	56	52	28	236	120	28	44	32
	12:00-13:00	60	243	140	16	60	56	104	144	104	32	44	40
	18:00-19:00	72	176	128	16	52	44	92	184	112	16	44	32
Sábado	8:00-9:00	60	422	136	32	44	40	60	236	104	28	44	32
	12:00-13:00	28	235	128	24	64	36	96	136	92	32	40	36
	18:00-19:00	64	176	104	24	44	40	92	184	92	20	40	16
Semana 2													
Lunes	8:00-9:00	56	422	184	12	108	88	80	236	144	32	76	68
	12:00-13:00	176	267	140	12	120	88	172	296	160	32	88	64
	18:00-19:00	112	260	136	24	72	48	108	244	160	32	84	48
Miercoles	8:00-9:00	72	422	200	28	96	76	28	236	128	28	68	60
	12:00-13:00	148	251	124	12	100	76	156	248	148	28	76	60
	18:00-19:00	108	172	112	20	72	40	100	204	116	32	72	36
Sábado	8:00-9:00	44	422	172	20	92	84	60	236	84	32	64	56
	12:00-13:00	140	235	128	16	88	64	136	168	116	20	76	28
	18:00-19:00	108	152	104	20	76	56	76	172	116	24	48	28
Semana 3													
Lunes	8:00-9:00	44	422	176	12	44	36	64	236	120	24	28	28
	12:00-13:00	76	239	136	20	88	48	108	232	136	20	52	44
	18:00-19:00	80	228	132	24	48	36	92	204	132	28	44	32
Miercoles	8:00-9:00	36	422	160	16	36	32	20	236	112	20	24	24
	12:00-13:00	76	231	136	20	96	48	108	232	136	20	52	44
	18:00-19:00	72	176	108	16	28	36	84	172	112	20	32	28
Sábado	8:00-9:00	40	422	172	24	56	48	72	236	120	24	32	28
	12:00-13:00	44	227	128	12	64	40	96	168	104	16	36	32
	18:00-19:00	72	164	100	24	36	32	80	168	112	28	32	28
Semana 4													
Lunes	8:00-9:00	48	422	172	16	52	48	64	236	120	48	32	24
	12:00-13:00	76	239	136	20	88	48	108	232	136	20	52	44
	18:00-19:00	80	228	132	24	48	36	92	204	132	28	44	32
Miercoles	8:00-9:00	40	422	164	12	44	40	24	236	140	24	28	24
	12:00-13:00	48	211	128	24	72	48	104	184	112	24	44	40
	18:00-19:00	68	172	156	24	48	28	84	176	116	24	32	24
Sábado	8:00-9:00	40	422	144	20	52	40	48	236	96	12	12	16
	12:00-13:00	60	231	116	28	80	56	100	188	112	16	52	44
	18:00-19:00	64	200	112	24	36	40	84	164	108	16	32	20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Volumen de intersección 4 del tramo A-B

Intersección: Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco													
Accesos		Este			Sur			Oeste			Norte		
Semana 1													
Día	Hora	G. Izq.	Frente	G. Der.									
Lunes	8:00-9:00	48	422	140	24	40	40	64	236	104	36	40	32
	12:00-13:00	56	227	116	12	60	32	100	156	124	20	44	48
	18:00-19:00	60	164	120	20	40	24	88	104	56	32	40	28
Miércoles	8:00-9:00	32	422	128	16	44	40	28	236	100	28	36	32
	12:00-13:00	60	219	104	20	60	36	80	152	112	24	52	44
	18:00-19:00	64	176	96	24	36	24	88	128	96	32	32	36
Sábado	8:00-9:00	52	422	172	16	52	44	68	236	116	32	40	36
	12:00-13:00	80	243	128	20	88	48	92	172	120	20	52	44
	18:00-19:00	60	164	100	12	40	24	76	120	80	24	20	20
Semana 2													
Lunes	8:00-9:00	40	422	132	16	32	36	60	236	100	28	36	20
	12:00-13:00	56	227	116	12	60	32	100	156	124	20	44	48
	18:00-19:00	60	164	120	20	40	24	88	104	56	32	40	28
Miércoles	8:00-9:00	28	422	124	20	28	32	28	236	88	28	32	16
	12:00-13:00	56	227	116	12	60	32	100	156	124	20	44	48
	18:00-19:00	60	164	120	20	40	24	88	104	56	32	40	28
Sábado	8:00-9:00	40	422	116	12	36	32	64	236	84	40	36	24
	12:00-13:00	52	215	112	12	56	32	80	112	92	16	36	40
	18:00-19:00	52	136	112	16	40	24	84	88	56	28	36	28
Semana 3													
Lunes	8:00-9:00	40	422	128	16	40	32	48	236	104	28	24	24
	12:00-13:00	52	211	96	8	44	32	88	112	84	20	40	36
	18:00-19:00	52	124	112	12	40	24	84	92	56	28	32	28
Miércoles	8:00-9:00	40	422	116	16	40	40	24	236	96	24	32	32
	12:00-13:00	64	227	116	20	48	36	92	116	84	24	36	44
	18:00-19:00	52	144	112	16	48	16	72	96	44	24	32	28
Sábado	8:00-9:00	64	422	120	24	28	48	64	236	100	36	48	40
	12:00-13:00	68	223	116	20	48	36	92	116	100	24	40	36
	18:00-19:00	60	136	104	28	28	24	68	96	56	24	36	24
Semana 4													
Lunes	8:00-9:00	48	422	148	36	48	48	72	236	112	40	36	40
	12:00-13:00	64	207	104	12	52	32	92	108	120	20	40	48
	18:00-19:00	68	140	108	24	28	24	84	96	56	20	36	28
Miércoles	8:00-9:00	48	422	152	32	60	36	28	236	104	28	28	20
	12:00-13:00	68	227	128	20	48	40	88	124	124	24	56	52
	18:00-19:00	68	148	120	32	36	36	84	104	64	36	44	44
Sábado	8:00-9:00	72	422	140	40	52	48	80	236	96	32	44	36
	12:00-13:00	68	235	120	24	60	40	104	128	116	20	48	44
	18:00-19:00	76	164	128	32	36	36	80	112	68	24	44	32

Fuente: Elaboración propia

El detalle de la toma de datos del tramo C-D, D-E y F-G se muestra en el ANEXO (II)

Los resultados obtenidos de todos los tramos son los siguientes:

Tabla 3.10 Volumen de Tráfico en el tramo A-B

Intersección	Este	Sur	Oeste	Norte	TPH	TPD
Av. Circunvalacion y Av. Froilan Tejerina	689	157	405	145	1396	9306
Av. Circunvalacion y Av. Mejillones	432	176	415	150	1172	7811
Av. Circunvalacion y Calle Santa C.	482	114	406	93	1095	7301
Av. Circunvalacion y Av. Gran Chaco	449	92	331	106	979	6524
Total						7736

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.11 Volumen de Tráfico en el tramo C-D

Intersección	Este	Sur	Oeste	Norte	TPH	TPD
Av. La Paz y Av. Circunvalacion	346	167	280	136	929	6194
Av. La Paz y Calle Ingavi	279	351		281	911	6073
Av. La Paz y Av. Victor Paz	91	262	545		898	5987
Total						6085

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Volumen de Tráfico en el tramo D-E

Intersección	Este	Sur	Oeste	Norte	TPH	TPD
Av. Jaime Paz Z. y Av. La Paz	91	262	545		898	5987
Av. Victor Paz y Calle Mendez	393		648		1041	6940
Av. Victor Paz y Calle Ballivian	402		648		1050	7002
Av. Panamericana y Calle D. Paz	430		638		1067	7116
Av. Panamericana y Calle Froilan T.	652	378			1030	6870
Total						6783

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Volumen de Tráfico en el tramo F-G

Intersección	Este	Sur	Oeste	Norte	TPH	TPD
Calle Cochabamba y Calle Humberto P. C.	319	229	260		808	5387
Calle Cochabamba y Calle Corazon de J.	485		380		865	5768
Calle Cochabamba y Calle Campero	257		317	213	787	5246
Calle Cochabamba y Calle Mendez	289			477	765	5102
Total						5376

Fuente: Elaboración propia

El manual de seguridad vial HSM Sugiere usar periodos de 3 años como mínimo para la calibración y establece que: Para un periodo pasado, el TMDA puede ser determinado por registro automatizado o estimado a partir de una encuesta por muestreo. En un periodo futuro, el TMDA podría ser una estimación sobre modelos de planificación de uso del suelo y de volumen de tráfico adecuados, o basándose en la suposición de que los volúmenes de tráfico actuales se mantendrán relativamente constantes. A si mismo se indica que, en muchos casos, se espera que los datos del TMDA no estén disponibles para todos años del periodo de evaluación.

Los datos de los TMDA disponibles para la aplicación del método predictivo en las vías urbanas de la ciudad de Tarija se obtuvieron realizando aforos en intersecciones que intervienen en los tramos en estudio, que corresponden a valores de TPDA del año 2021, para el cálculo de los 5 años anteriores se utilizó la fórmula de interés compuesto.

$$TMDA_{fut} = TMDA_{actual} * (1 + i)^n$$

Dónde:

$TMDA_{fut}$ = Tráfico medio diario anual futuro

$TMDA_{actual}$ = Tráfico medio diario anual actual

i = Tasa de crecimiento

n = Número de años

A partir de datos del año 2021 y con las tasas de crecimiento anual calculadas a partir de datos proporcionados por el instituto nacional de estadística (INE) se Obtuvieron valores de TPDA para años anteriores.

Tabla 3.14 TPDA de otros años a partir de índices de crecimiento

Año	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Tasa de crecimiento		5,56	3,51	5,37	6,26	6,78	9,63
Av. Panamericana y Av. Víctor Paz	6782	6425	6207	5891	5544	5192	4736
Av. La Paz	6092	5771	5576	5292	4980	4664	4254
Calle Cochabamba	5376	5093	4920	4670	4395	4116	3754
Av. Circunvalación	7736	7329	7080	6720	6324	5922	5402

Fuente: Elaboración propia

Velocidad de Punto

Se presenta el análisis de los datos de velocidad de punto, que fue obtenido por el método del cronometro con ayuda de un operador, se realizó un análisis donde se eliminó los valores depurados para obtener un resultado más preciso, con ayuda de ecuaciones estadísticas y una hoja de cálculo Excel. El intervalo de distancia fue de 25 metros y se tomaron 5 mediciones de tiempo para cada acceso, durante 4 semanas, 3 veces al día (dos días hábiles y un día inhábil) y en las 3 horas picos de cada día. Los detalles de los datos obtenidos se muestran en el ANEXO (I).

El detalle de la toma de datos del tramo A-B se muestra a continuación:

Tabla 3.15 Velocidad de punto del sub tramo 1

Distancia 25 m			Av. Circunvalacion y Av. Froilan tejerina								
Circunvalacion (Oeste) ←			Froilan Tejerina (Sur) ↓			Circunvalacion (Este) →			Froilan Tejerina (Norte) ↑		
Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)
8:00-9:00	6,34	14,20	8:00-9:00	5,17	17,41	8:00-9:00	5,29	17,01	8:00-9:00	6,38	14,11
	6,98	12,89		5,08	17,72		6,27	14,35		6,22	14,47
	10,42	8,64		5,36	16,79		6,53	13,78		6,02	14,95
	7,24	12,43		5,99	15,03		5,22	17,24		6,96	12,93
	6,78	13,27		5,86	15,36		6,08	14,80		6,55	13,74
Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)
11:00-12:00	6,54	13,76	11:00-12:00	5,45	16,51	11:00-12:00	5,17	17,41	11:00-12:00	6,54	13,76
	7	12,86		5,6	16,07		6,01	14,98		6,66	13,51
	6,98	12,89		6,04	14,90		5,57	16,16		6,71	13,41
	8,56	10,51		5,9	15,25		5,34	16,85		6,04	14,90
	6,47	13,91		6,43	14,00		5,6	16,07		6,11	14,73
Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)
18:00-19:00	6,66	13,51	18:00-19:00	5,55	16,22	18:00-19:00	5,46	16,48	18:00-19:00	6,54	13,76
	6,78	13,27		5,24	17,18		5,66	15,90		6,75	13,33
	6,85	13,14		6,1	14,75		5,75	15,65		6,48	13,89
	7,98	11,28		5,34	16,85		5,95	15,13		6,57	13,70
	6,55	13,74		5,23	17,21		5,28	17,05		6,48	13,89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16 Velocidad de punto del sub tramo 2

Distancia 25 m			Av. Circunvalacion y Av. Mejillones								
Circunvalacion (Oeste) ←			Mejillones (Sur) ↓			Circunvalacion (Este) →			Mejillones (Norte) ↑		
Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)
8:00-9:00	3,4	26,47	8:00-9:00	3,4	26,47	8:00-9:00	8,23	10,94	8:00-9:00	4,37	20,59
	4,12	21,84		4,7	19,15		5,63	15,99		3,82	23,56
	3,33	27,03		4,2	21,43		5,22	17,24		2,94	30,61
	3,23	27,86		4,44	20,27		5,92	15,20		3,73	24,13
	3,38	26,63		4,38	20,55		5,75	15,65		3,69	24,39
11:00-12:00	3,62	24,86	11:00-12:00	4,1	21,95	11:00-12:00	5,61	16,04	11:00-12:00	3,89	23,14
	3,84	23,44		3,5	25,71		5,45	16,51		3,91	23,02
	3,25	27,69		3,42	26,32		5,42	16,61		3,48	25,86
	3,54	25,42		3,76	23,94		5,72	15,73		3,79	23,75
	4,1	21,95		3,36	26,79		5,92	15,20		3,99	22,56
18:00-19:00	3,9	23,08	18:00-19:00	3,37	26,71	18:00-19:00	6,1	14,75	18:00-19:00	4,11	21,90
	3,37	26,71		3,13	28,75		5,83	15,44		3,92	22,96
	3,46	26,01		3,39	26,55		5,63	15,99		3,84	23,44
	3,29	27,36		3,42	26,32		5,72	15,73		3,55	25,35
	3,33	27,03		3,66	24,59		5,36	16,79		3,6	25,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17 Velocidad de punto del sub tramo 3

Distancia 25 m			Circunvalacion y Calle Santa Cruz								
Circunvalacion (Oeste) ←			Santa Cruz (Sur) ↓			Circunvalacion (Este) →			Santa Cruz (Norte) ↑		
Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)
8:00-9:00	3	30,00	8:00-9:00	3,28	27,44	8:00-9:00	4,54	19,82	8:00-9:00	4,39	20,50
	3,8	23,68		3,43	26,24		4,65	19,35		4,33	20,79
	3,12	28,85		3,29	27,36		4,7	19,15		4,3	20,93
	3,06	29,41		3,34	26,95		4,69	19,19		4,29	20,98
	3,43	26,24		3,39	26,55		4,66	19,31		4,41	20,41
11:00-12:00	3,21	28,04	11:00-12:00	3,98	22,61	11:00-12:00	4,97	18,11	11:00-12:00	4,37	20,59
	3,41	26,39		3,67	24,52		4,89	18,40		4,44	20,27
	3,33	27,03		3,78	23,81		4,87	18,48		4,41	20,41
	3,43	26,24		3,8	23,68		4,67	19,27		4,38	20,55
	3,4	26,47		3,65	24,66		4,5	20,00		4,09	22,00
18:00-19:00	3,7	24,32	18:00-19:00	3,43	26,24	18:00-19:00	5,02	17,93	18:00-19:00	4,09	22,00
	3,52	25,57		3,44	26,16		5,21	17,27		4,12	21,84
	3,5	25,71		3,26	27,61		5,12	17,58		4,14	21,74
	3,45	26,09		3,28	27,44		5,03	17,89		4,05	22,22
	3,48	25,86		3,42	26,32		5,18	17,37		4,15	21,69

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.18 Velocidad de punto del sub tramo 4

Distancia 25 m			Av. Circunvalacion y Av. Gran Chaco								
Circunvalacion (Oeste) ←			Gran Chaco (Sur) ↓			Circunvalacion (Este) →			Delio Echazú (Norte) ↑		
Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)	Hora	Tiempo medido (seg)	Velocidad (m/s)
8:00-9:00	2,36	38,14	8:00-9:00	3,68	24,46	8:00-9:00	3,6	25,00	8:00-9:00	2,92	30,82
	2,96	30,41		3,24	27,78		3,75	24,00		3,29	27,36
	3,2	28,13		3,27	27,52		4,12	21,84		3,19	28,21
	2,81	32,03		3,01	29,90		3,54	25,42		3,27	27,52
	2,76	32,61		3,35	26,87		3,67	24,52		3,15	28,57
11:00-12:00	3,12	28,85	11:00-12:00	3,71	24,26	11:00-12:00	3,67	24,52	11:00-12:00	3,14	28,66
	2,45	36,73		3,57	25,21		3,69	24,39		3,37	26,71
	2,86	31,47		3,38	26,63		3,58	25,14		3,22	27,95
	3,01	29,90		3,29	27,36		3,55	25,35		3,28	27,44
	2,88	31,25		3,47	25,94		3,76	23,94		3,17	28,39
18:00-19:00	2,79	32,26	18:00-19:00	3,54	25,42	18:00-19:00	3,8	23,68	18:00-19:00	3,37	26,71
	2,9	31,03		3,55	25,35		3,74	24,06		3,47	25,94
	3,45	26,09		3,67	24,52		3,67	24,52		3,55	25,35
	3,5	25,71		3,76	23,94		3,75	24,00		3,29	27,36
	3,04	29,61		3,48	25,86		3,57	25,21		3,36	26,79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.19 Resultados de velocidad de punto del sub tramo 1

VEL. (m/s)	OESTE	VEL. (m/s)	SUR	VEL. (m/s)	ESTE	VEL. (m/s)	NORTE
13,20	Depurado	16,52	Valido	15,39	Depurado	14,11	Depurado
13,36	Valido	15,41	Depurado	16,36	Valido	13,85	Valido
13,42	Valido	16,86	Valido	16,01	Valido	13,81	Valido
13,32	Media	16,26	Media	15,92	Media	13,92	Media
0,11	Desviacion	0,76	Desviacion	0,49	Desviacion	0,16	Desviacion
13,44	Intervalo Superior	17,02	Intervalo Superior	16,41	Intervalo Superior	14,08	Intervalo Superior
13,21	Intervalo Inferior	15,50	Intervalo Inferior	15,43	Intervalo Inferior	13,76	Intervalo Inferior
13,39	Media corregida	16,69	Media corregida	16,19	Media corregida	13,83	Media corregida

Velocidad de Punto **13,39** Velocidad de Punto **16,69** Velocidad de Punto **16,19** Velocidad de Punto **13,83**

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 3.6 Accesos del sub tramo 1



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.20 Resultados de la velocidad de punto del sub tramo 2

VEL. (m/s)	OESTE	VEL. (m/s)	SUR	VEL. (m/s)	ESTE	VEL. (m/s)	NORTE
27,00	Valido	20,35	Depurado	16,02	Valido	24,03	Valido
24,57	Depurado	25,69	Valido	16,10	Valido	23,11	Depurado
26,78	Valido	26,52	Valido	15,72	Depurado	23,80	Valido
26,12	Media	24,19	Media	15,95	Media	23,65	Media
1,34	Desviacion	3,35	Desviacion	0,20	Desviacion	0,47	Desviacion
27,45	Intervalo Superior	27,54	Intervalo Superior	16,15	Intervalo Superior	24,12	Intervalo Superior
24,78	Intervalo Inferior	20,84	Intervalo Inferior	15,75	Intervalo Inferior	23,17	Intervalo Inferior
26,89	Media corregida	26,11	Media corregida	16,06	Media corregida	23,91	Media corregida

Velocidad de Punto **26,89** Velocidad de Punto **26,11** Velocidad de Punto **16,06** Velocidad de Punto **23,91**

Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.7 Accesos del sub tramo 2



Fuente: Elaboración propia

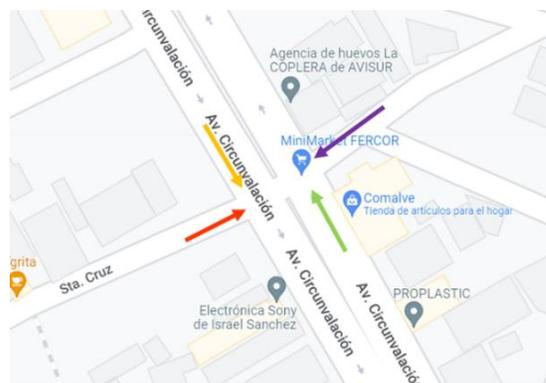
Tabla 3.21 Resultados de la velocidad de punto del sub tramo 3

VEL. (m/s)	OESTE	VEL. (m/s)	SUR	VEL. (m/s)	ESTE	VEL. (m/s)	NORTE
28,62	Depurado	26,95	Valido	19,25	Valido	20,74	Valido
26,53	Valido	24,17	Depurado	18,57	Valido	20,46	Valido
25,81	Valido	26,54	Valido	17,62	Depurado	21,82	Depurado
26,99	Media	25,89	Media	18,48	Media	21,00	Media
1,46	Desviacion	1,50	Desviacion	0,82	Desviacion	0,72	Desviacion
28,45	Intervalo Superior	27,39	Intervalo Superior	19,30	Intervalo Superior	21,72	Intervalo Superior
25,53	Intervalo Inferior	24,38	Intervalo Inferior	17,66	Intervalo Inferior	20,28	Intervalo Inferior
26,17	Media corregida	26,74	Media corregida	18,91	Media corregida	20,60	Media corregida

Velocidad de Punto 26,17 Velocidad de Punto 26,74 Velocidad de Punto 18,91 Velocidad de Punto 20,60

Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.8 Accesos del sub tramo 3



Fuente: Elaboración Propia

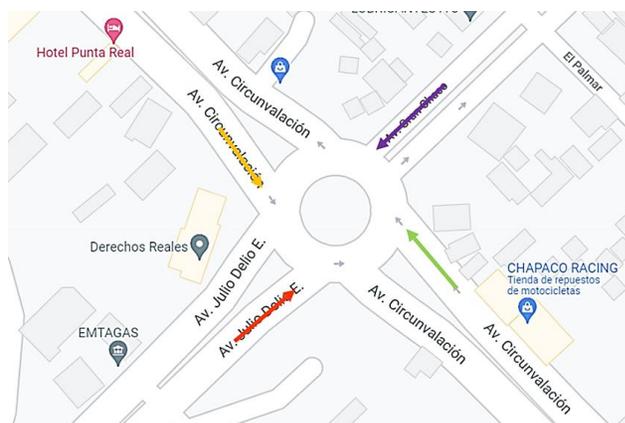
Tabla 3.22 Resultados de la velocidad de punto del sub tramo 4

VEL. (m/s)	OESTE	VEL. (m/s)	SUR	VEL. (m/s)	ESTE	VEL. (m/s)	NORTE
31,68	Valido	27,39	Depurado	24,74	Valido	27,92	Valido
30,37	Valido	25,92	Valido	24,68	Valido	27,93	Valido
28,91	Depurado	25,10	Valido	24,20	Depurado	26,48	Depurado
30,32	Media	26,14	Media	24,54	Media	27,44	Media
1,39	Desviacion	1,16	Desviacion	0,30	Desviacion	0,83	Desviacion
31,71	Intervalo Superior	27,30	Intervalo Superior	24,84	Intervalo Superior	28,27	Intervalo Superior
28,93	Intervalo Inferior	24,98	Intervalo Inferior	24,24	Intervalo Inferior	26,61	Intervalo Inferior
31,02	Media corregida	25,51	Media corregida	24,71	Media corregida	27,92	Media corregida

Velocidad de Punto **31,02** Velocidad de Punto **25,51** Velocidad de Punto **24,71** Velocidad de Punto **27,92**

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 3.9 Accesos del sub tramo 4



Fuente: Elaboración Propia

El detalle de la toma de datos del tramo C-D, D-E y F-G se muestra en el ANEXO (I)

Los resultados obtenidos de todos los tramos son los siguientes:

Tabla 3.23 Velocidad de punto Tramo A-B

Intersecciones	Velocidad de Punto Tramo A-B (m/s)			
	Oeste	Sur	Este	Norte
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	13,39	16,69	16,19	13,83
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	26,89	26,11	16,06	23,91
Av. Circunvalación y Calle Santa Cruz	26,17	26,74	18,91	20,60
Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco	31,02	25,51	24,71	27,92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24 Velocidad de punto Tramo C-D

Intersecciones	Velocidad de Punto Tramo C-D (m/s)			
	Oeste	Sur	Este	Norte
Av. La Paz y Av. Circunvalación	26,89	26,11	15,74	23,01
Av. La Paz y Calle Ingavi		16,66	15,91	19,53
Av. La Paz y Av. Víctor Paz	19,40	19,92	18,82	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.25 Velocidad de punto Tramo D-E

Intersecciones	Velocidad de Punto Tramo D-E (m/s)			
	Oeste	Sur	Este	Norte
Av. Víctor Paz y Av. La Paz	19,40	19,92	18,82	20,60
Av. Víctor Paz y Calle Méndez	30,40		31,29	
Av. Víctor Paz y Calle Ballivián	31,53		31,38	
Av. Panamericana y Calle D. Paz	29,12		29,99	
Av. Panamericana y Av. Froilán Tejerina	19,18	19,25		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.26 Velocidad de punto Tramo F-G

Intersecciones	Velocidad de Punto Tramo F-G (m/s)			
	Oeste	Sur	Este	Norte
Calle Cochabamba y Calle H. Portocarrero	18,92	19,18	19,25	
Calle Cochabamba esq. Calle Corazón de J.	15,35		15,23	
Calle Cochabamba esq. Calle Campero	13,88		18,78	11,95
Calle Cochabamba esq. Calle Méndez			20,79	18,35

Fuente: Elaboración Propia

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS

3.4.1 Diagnóstico de intersecciones en vías urbanas de la ciudad de Tarija

Se visitó cada uno de los tramos en estudio para realizar un diagnóstico detallado de las vías en estudio, se tomó datos visuales como ser fotografías del lugar, estado de las calles, iluminación, tipo de aparcamiento, si presenta sistema automático de velocidad, densidad de objetos, etc. Y datos geométricos, como ser: longitud de segmento, ancho de carril, ancho del medio, número de intersecciones, número de acercamientos, etc.

Tramo A-B: Avenida Circunvalación y Froilán Tejerina- Avenida Circunvalación y Av. Gran chaco

Descripción.- La avenida circunvalación fue ejecutada con el propósito de disponer de una vía que sea un colector del tráfico del extremo norte de la ciudad, que conecte las carreteras de vinculación nacional, con una circulación rápida, la vía permitía el tráfico fluido, cumpliendo con el propósito para lo que fue diseñada, sin embargo, en estos últimos años, por el crecimiento de la ciudad y la falta del ordenamiento vial, la avenida se convirtió en una vía fundamental, soportando una sobre carga de tráfico que sobrepaso su capacidad, fundamentalmente por las siguientes razones:

- El crecimiento de la ciudad, con urbanizaciones en el sector norte, obligó el cruce de calles, que son de una alta circulación vehicular.
- Las edificaciones en la avenida se desarrollaron en forma muy acelerada y con la característica de centros comerciales, con la consiguiente necesidad de un parqueo longitudinal, lo que limita la circulación a un solo carril en cada sentido.
- El tráfico pesado, tiene en esta vía, el único paso por la ciudad. Circulan camiones de alto tonelaje y buses del transporte interdepartamental, Vehículos que usan el único carril disponible, compitiendo con los automóviles, creando congestionamiento y altos riesgos de accidentes.
- El transporte público y privado, en las horas pico, supera la capacidad de la vía en las condiciones actuales.

Por otra parte, las personas que viven sobre esta avenida dieron reclamos a través de la prensa que no existe las suficientes medidas de seguridad, por lo que es constante los accidentes de tránsito que ocurren en esta avenida. La mayor parte de esta avenida no cuenta con iluminación ni semaforización en algunas intersecciones existen cámaras y sus calles requieren mantenimiento.

Imagen 3.10 Intercesión: Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.11 Intercesión: Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Descripción. – La intersección de la Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina se presenta como concentradora de la actividad comercial, tanto en locales de venta como en las veredas, el suelo se encuentra en mal estado ya que presentan varios baches, huecos, bordillos destrozados, desniveles que pueden ocasionar que el conductor pierda el control del auto, y esto, a su vez, que se choque contra otros vehículos, invadan veredas, etc.

Imagen 3.12 Inspección visual de la intersección

<p>Piel de cocodrilo, exudación, hundimiento medio</p> 	<p>Borde de acera completamente destrozado</p> 
<p>Borde de acera parcialmente destrozado</p> 	<p>Borde de acera parcialmente destrozado</p> 
<p>No cuenta con señales horizontales</p> 	<p>Grieta de reflexión de junta de baja severidad</p> 

Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.13 Intersección Av. Circunvalación y Calle Mejillones



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.14 Intersección Av. Circunvalación y Calle Mejillones



Fuente: Elaboración propia

Descripción. - El transitar por esta intersección para los peatones es un constate peligro, debido al ancho de estas calles, los vecinos piden constantemente que se regule el tiempo de los semáforos, que se trabaje en campañas de educación vial o que se agilice la construcción y funcionamiento de nuevas vías.

La población asegura que los micristas de estas líneas no tienen respeto por la seguridad ya que dejan a los pasajeros a media calle, todo por ganar al semáforo, corriendo un grave riesgo.

La señalización horizontal en esta intersección se encuentra despintada y varios conos de goma están rotos por lo que los conductores no respetan los descansos de paso.

Imagen 3.15 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.16 Intersección: Av. Circunvalación y Calle Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia

Descripción. - En las avenidas es más común los accidentes de tránsito debido a las altas velocidades de los vehículos, esta intersección es muy transitada y constantemente existen incidentes viales, debido a que no cuenta con semaforización, no tiene señalización horizontal ni vertical, no tiene cámaras de seguridad y tiene muy poca iluminación.

Imagen 3.17 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.18 Intersección: Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco y Delio Echazu



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.19 Intersección: Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco y Delio Echazu



Fuente: Elaboración propia

Descripción. – Es una zona donde existe el paso del transporte pesado, estas avenidas requieren mantenimiento, sus calles están llenas de arena debido a los talleres de autos y barracas a los alrededores y es más terrible en tiempo de lluvias por que penetra agua por las fisuras llegando hasta la base y la sub-base, lo que provoca huecos

No existen las suficientes medidas de seguridad como es el colocado de un rompe muelles, semáforos, señalización vertical, señalización horizontal, para resguardar la seguridad de los vecinos, es un peligro más que todo para los peatones ya que cuenta con avenidas bastante anchas, es difícil cruzar estas calles, las personas deben acelerar el paso e incluso correr.

Esta intersección cuenta con poca iluminación y una sola cámara de seguridad, no circula ni una línea de micro por esta vía, pero si bastantes taxitrufis.

Imagen 3.20 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Tramo C-D: Avenida La Paz y Av. Circunvalación – Av. La Paz y Av. Víctor Paz.

Descripción. - La avenida La Paz y Av. se ha convertido en una de las vías más peligrosas de la ciudad de Tarija, pasaron accidentes, atropellos y hasta muertes en esta avenida. Uno de los principales problemas es el Congestionamiento vehicular ya que es la única vía que va de norte a sur y viceversa, por ser de doble vía y está congestionada porque no hay una calle paralela que le dé continuidad para llegar a los destinos. La avenida La Paz es la única ruta de la zona de descongestionamiento de la avenida Las Américas a la zona norte.

Si uno entra a la avenida La Paz por la avenida Las Américas puede notar más vías de bajada cuando las normas de tránsito estipulan que las calles deberían ser intercaladas (uno de subida y otro de bajada), pero incluso existen tres calles consecutivas de bajada (Ciro Trigo, Delfín Pino y Belgrano). Existe falta de educación vial de peatones y conductores. Hay peatones que cruzan la calle sin utilizar los pasos de cebras. También conductores que cometen faltas y no pueden alegar desconocimiento de las leyes de tránsito porque al momento de obtener las licencias de conducir deben saber las normas universales. Esta zona se ha convertido en un espacio de tiendas comerciales y entidades bancarias con cajeros automáticos. Por lo tanto, una persona que está en su vehículo y quiere sacar dinero estaciona su automóvil en doble fila porque no hay los dispositivos que dividan el carril. A pesar de que existe la doble línea amarilla al centro es incumplida.

Son varios los micros que circulan por esta avenida sin contar con los taxis trufis, cuenta con semáforos en casi todas sus intersecciones pero que dejan de funcionar desde las 9 o 10 de la noche, tiene la iluminación adecuada algunas cámaras instaladas, no cuenta con estacionamiento a pesar de que es muy necesario ya que la avenida La Paz es un lugar de mucha fluidez vehicular se necesitan estacionamientos grandes, por lo que es necesario reordenar las rutas del servicio público de transporte para evitar el congestionamiento vehicular.

Imagen 3.21 Intercesión: Av. Circunvalación y Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.22 Intercesión: Av. Circunvalación y Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

Descripción: Esta intersección es muy transitada, en ambas avenidas los accidentes de tránsito son muy concurridos, a pesar de que cuenta con semáforos, los conductores conducen a altas velocidades y no existen señalizaciones por otra parte el paso de vehículos pesados es constante, sobre todo corren riesgos los peatones que cruzan estas avenidas.

Imagen 3.23 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.24 Intersección: Av. La Paz y calle Ingavi



fuentes: Elaboración propia

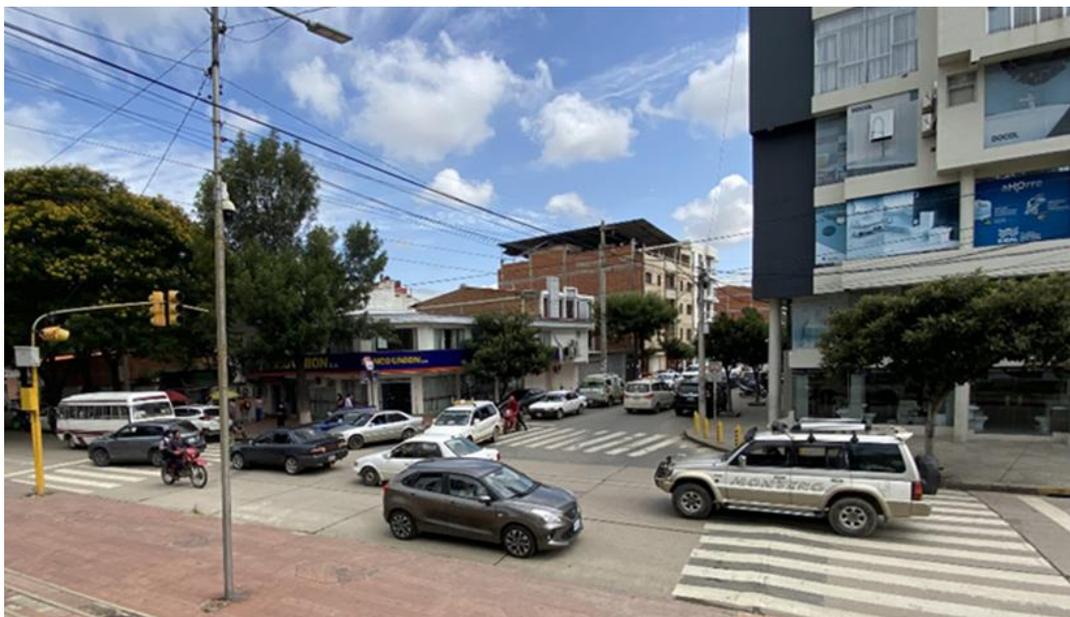
Diagnostico. –Esta intersección es muy peligrosa debido a la invasión comercial y financiera. Últimamente se ha visto mucho *comercio* informal, el problema de los vendedores informales, es que sacan toda su mercadería a las aceras y los peatones se ven obligados a recorrer por las calzadas. Esto es un peligro que generó accidentes y atropellos. Son varios vehículos que circulan por esta intersección, debido a que vienen de Juan XXIII, San Luis y del centro. Entonces es necesario reordenar las rutas del servicio público de transporte para evitar el congestionamiento vehicular.

Imagen 3.25 Inspección visual de la intersección



fuentes: Elaboración propia

Imagen 3.26 Intersección: Av. Jaime Paz y Avenida La Paz

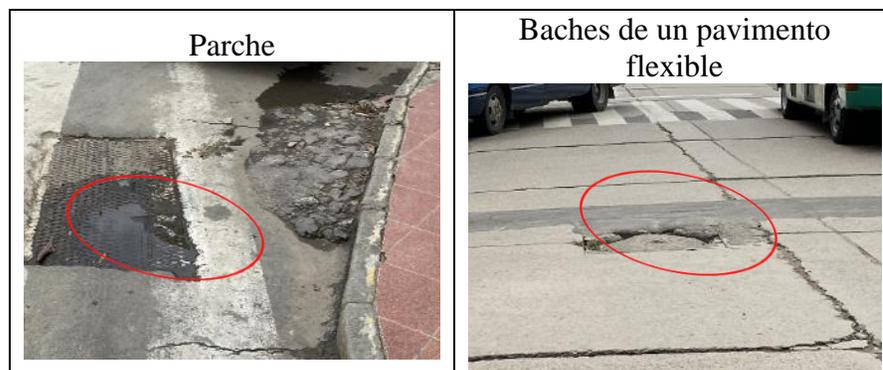


Fuente: Elaboración propia

Descripción: La avenida La Paz y Av. Jaime Paz Zamora se ha convertido en una de las intersecciones más peligrosas de la ciudad de Tarija, pasaron accidentes, atropellos y hasta muertes en estas avenidas. Uno de los principales problemas de esta intersección es el Congestionamiento vehicular ya que es la única vía que va de norte a sur y viceversa, por ser de doble vía y está congestionada porque no hay una calle paralela que le dé continuidad para llegar a los destinos. La avenida La Paz es la única ruta de la zona de descongestionamiento de la avenida Las Américas a la zona norte.

Si uno entra a la avenida La Paz por la avenida Las Américas puede notar más vías de bajada cuando las normas de tránsito estipulan que las calles deberían ser intercaladas (uno de subida y otro de bajada), pero incluso existen tres calles consecutivas de bajada (Ciro Trigo, Delfín Pino y Belgrano). Existe falta de educación vial de peatones y conductores. Hay peatones que cruzan la calle sin utilizar los pasos de cebras. También conductores que cometen faltas y no pueden alegar desconocimiento de las leyes de tránsito porque al momento de obtener las licencias de conducir deben saber las normas universales. Esta zona se ha convertido en un espacio de tiendas comerciales y entidades bancarias con cajeros automáticos. Por lo tanto, una persona que está en su vehículo y quiere sacar dinero estaciona su automóvil en doble fila porque no hay los dispositivos que dividan el carril. A pesar de que existe la doble línea amarilla al centro es incumplida.

Imagen 3.27 Inspección visual de la intersección



Levantamiento de pavimento



Fuente: Elaboración propia

Tramo D-E: Av. Jaime Paz Zamora y Av. La Paz- Av. Panamericana y Av. Froilan Tejerina

Descripción. - El mayor número de accidentes se concentra en la avenida principal que atraviesa la ciudad la, Av. Jaime Paz Zamora, estos accidentes son recurrentes por imprudencia de los conductores o peatones, pero también debido a un mal diseño de las calles y excesos de velocidad, los datos revelan que estos accidentes se dan por colisiones, choques a vehículos detenidos y choques a objetos fijos.

En la avenida Víctor Paz, se reportaron especialmente casos de atropello a peatones. Si bien la ley protege a los peatones, generalmente, estos también cometen imprudencias, en la mayoría de los casos, los peatones, por ahorrar tiempo en llegar a un paso de cebra, optan por cruzar la avenida por donde les “convenga”.

La avenida Víctor Paz Estenssoro es considerada como las más problemáticas, las que mayor número de accidentes viales registran.

La única solución, según el director del Organismo Operativo de Tránsito: es necesario que los mismos conductores respeten la ley de tránsito, pues los percances viales donde incluso, lamentablemente se han presentado muertes, son provocados por el exceso de velocidad con la falta de precaución, tanto de los conductores como de los peatones

Imagen 3.28 Intersección: Av. Víctor Paz y Calle Méndez



Fuente: Elaboración propia

Descripción. - Los micros que circulan por esta intersección son los siguientes: S,1 Y varios Taxitrufis que se dirigen generalmente al campesino, los cuales van a altas velocidades, los accidentes son constantes debido a que es una zona deportiva donde los ciudadanos salen a trotar y en frente se encuentra la García agreda que es un club deportivo y cultural.

Imagen 3.29 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.30 Intersección: Av. Víctor Paz y Calle Ballivián



Fuente: Elaboración propia

Descripción: En las avenidas es más común los accidentes de tránsito debido a las altas velocidades de los vehículos, esta intersección es muy transitada.

No cuenta con semaforización, ni iluminación, no existen cámaras de seguridad, ni señalización horizontal y vertical

Imagen 3.31 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.32 Intersección: Av. Panamericana y Calle Domingo Paz



Fuente: Elaboración propia

Descripción: la Avenida Panamericana se convirtió en uno de los caminos más complicados para circular, a punto tal de que cuenta con problemas de tránsito todos los días, no cuenta con controles de velocidades máximas a pesar de que es necesario ya que la mayoría de los accidentes en esta avenida son por exceso de velocidad. La calle requiere mantenimiento, cuenta con señalizaciones, iluminación y no tiene semáforo.

Imagen 3.33 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.34 Intersección: Av. Panamericana y Av. Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Descripción: Es uno de los puntos mas criticos de la ciudad , sobre todo los dias domingos, existe mayor concentración de personas en este lugar, pero de menor control por los funcionarios municipales. colapsan las avenidas de ingreso no se respetan los semáforos y pasos peatonales. Hay espacios abnegados para el tránsito vehicular, debido a que los camiones se encuentran estacionados en media calle, de donde venden todo tipo de productos agrícolas como frutas o verduras.

Imagen 3.35 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Tramo F-G: Calle Cochabamba y Calle Humberto Porto Carrero – Calle Cochabamba y Calle Méndez

Descripción. - La avenida Cochabamba, antes denominada “calle Ancha”, ahora quedó angosta debido al gran movimiento vehicular que existe en la ciudad de Tarija, y particularmente porque hay automóviles estacionados en ambos lados de la vía que reducen el espacio a un estrecho carril por el cual deben circular las movilidades.

Este hecho genera riesgos a los conductores que deben pasar necesariamente por la avenida Cochabamba ya que se trata de una de las pocas vías que conduce a los ciudadanos del centro de la capital chapaca al barrio La Loma. Sin embargo, los automóviles deben esquivar los vehículos estacionados que están en su carril y estar atentos a que no venga otra movilidad de frente.

Las consecuencias de las congestiones vehiculares denotan en accidentes, a pesar que los automóviles no pueden circular a gran velocidad, ya que el automovilista pierde la calma al encontrarse estático por mucho tiempo en un lugar de la vía. Esto también deriva en violencia vial, también, los vehículos pierden innecesariamente combustible debido a que se está inactivo por mucho tiempo en un mismo lugar, sin avanzar en el trayecto de un punto a otro.

Otro Problema importante que ocurre en esta vía es el constante humo que desechan principalmente los micros “viejos”, se convirtió en un verdadero calvario para los vecinos de la calle Cochabamba, particularmente en el último tramo de subida hacia La Loma.

Varios de ellos ya sufren enfermedades respiratorias, sus hogares constantemente se llenan de hollín, las paredes a simple vista son negras y, sumado a ello, el ruido que emiten los vehículos al subir la conocida “Calle Ancha” los martiriza constantemente.

Imagen 3.36 Intersección: Cochabamba y Humberto Porto Carrero



Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

Existe caos vehicular en esta intersección sobre todo en las horas pico, debido a que es una entrada y salida del mercado campesino, en esta zona hay 2 colegios por lo que muchos intentan cruzar estas calles que no cuentan con semáforos ni señalizaciones, es una zona comercial muy transitable.

Imagen 3.37 Inspección visual de la intersección



Fuente Elaboración propia

Imagen 3.38 Intersección: Cochabamba y Corazón de Jesús



Fuente: Elaboración propia

Descripción. – Esta intersección se encuentra en zona comercial, es muy transitada debido a que el mercado la loma es uno de los mercados más visitados en la ciudad de Tarija, y debido a la consolidación del comercio informal, los vehículos se estacionan en las afueras del mercado lo que provoca el congestionamiento.

Imagen 3.39 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.40 Intersección: Calle Cochabamba y Calle Campero



Fuente: Elaboración propia

Descripción. - Esta intersección si cuenta con semaforización, no tiene estacionamiento, si existe iluminación, la señalización horizontal se encuentra despintada y no cuenta con señalización horizontal, los micros que transitan por esta intersección son los siguientes:

Imagen 3.41 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.42 Intersección: Calle Cochabamba y Calle Méndez



Fuente: Elaboración propia

Descripción. -los baches de estas calles, son un perjuicio para el sector, puesto que dañan a las movilidades que transitan día a día. Estos baches dañan al vehículo, y a veces provocan accidentes porque el chófer frena al ver el bache y el de atrás tiene que frenar de golpe o choca, esto causa molestia.

Imagen 3.43 Inspección visual de la intersección



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Características geométricas

se realizó una recolección de información del trazado geométrico; medición de la longitud de los sub tramos, a través de un sistema operativo de Apple y con ayuda de la cámara del iPhone para medir objetos cercanos. El iPhone detecta automáticamente las dimensiones de objetos rectangulares, y también puede definir manualmente los puntos de inicio y fin de una medición. Una vez obtenida la medición en metros, se realizó una conversión a millas para poder aplicar dicho dato a las ecuaciones determinadas por el manual highway safety, y tomando en cuenta que la norma permite longitudes de tramo mayores a 0,1 millas.

Tabla 3.27 Características geométricas del área de estudio

Datos geométricos del area de estudio	Tramo A-B	Tramo C-D	Tramo E-D
Longitud del segmento (millas)	1,80	0,82	2,05
Ancho de carril (pie)	28,77	19,16	12,04
Tipo de aparcamiento (paralelo/angular)	Paralelo	Angular	Angular
Longitud de restricción del aparcamiento de la calle o avenida para ambos lados (millas)	1,52	0,76	1,95
Número de objetos para ambos lados del camino	56	40	29
Densidad de objetos para ambos lados del camino (objeto/milla)	31.11	48,78	14,15
Compensacion de objetos	14	9	10
Ancho del medio	23,87	1,02	0,989
Iluminacion en la carretera (presenta/ no presenta)	Presenta	Presenta	Presenta
Sistema automatico de velocidad (presenta/no presenta)	No presenta	No presenta	No presenta
Número de intersecciones a ambos lados	41	16	28
Interseccion a la Izquierda (presenta/no presenta)	Presenta	Presenta	No presenta
Número de acercamientos	1	1	1
Interseccion a la izquierda señalado protegido, protegido/permitido, permitido/protegido, permitido)	Permitido	rotegido/Permitido	Protegido
Numero de acercamientos	1	1	1
Intersecciones a la derecha (presenta/no presenta)	Presenta	Presenta	Presenta
Numero de acercamientos	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.44 Fotografías de medición de longitudes requeridas



Fuente: Elaboración propia

3.5 CLASIFICACIÓN DE ACCIDENTES

Tabla 3.28 Clasificación de accidentes del tramo A-B

Tramo A-B Av. Circ. Y Av. Froilán Tejerina- Av. Circ. Y Av. Gran Chaco				
Tramo	Segmento	Total	Intersección	Total
Sub tramo 1	Av. Circunvalación altura Cancha 12 de octubre	16	Av. Circunvalación esq. Av. Froilán Tejerina	17
	Av. Circunvalación altura Barraca Segare	12	Av. Circunvalación esq. Calle Timoteo Raña	8
	Av. Circunvalación altura Mad Center	9	Av. Circunvalación esq. Calle Luis Campero	10
	Av. Circunvalación altura taller de Motos Castellón	8	Av. Circunvalación esq. Calle José España	4
	Av. Circunvalación altura casi calle Luis Campero	4	Av. Circunvalación esq. Calle Valle grande	1
	Av. Circunvalación altura casi calle Ballivián	7	Av. Circunvalación esq. Calle Regimiento Montes	4
	Av. Circunvalación altura casi calle José España	2	Av. Circunvalación esq. Calle Regimiento Flores	3
	Av. Circunvalación altura casi calle Timoteo Raña	1	Av. Circunvalación esq. Calle Hernán Siles	10
	Av. Circunvalación altura casi calle Calama	3	Av. Circunvalación esq. Calle Pasaje Tararí	0
	Av. Circunvalación altura casi calle Regimiento Montes	1	Av. Circunvalación esq. Calle Ballivián	11
				Av. Circunvalación esq. Calle Calama
			Av. Circunvalación esq. Calle Camargo	2
		63		75
Sub tramo 2	Av. Circunvalación Alt. Esta. de servicio Circunvalación	9	Av. Circunvalación esq. Avenida Mejillones	17
	Av. Circunvalación Altura Quebrada el Monte	8	Av. Circunvalación esq. Calle General Trigo	14
	Av. Circunvalación Altura Estadio La Hoyada	8	Av. Circunvalación esq. Calle Colon	11
	Av. Circunvalación Altura Mercado San Bernardo	6	Av. Circunvalación esq. Calle Suipacha	8
	Av. Circunvalación Altura Plaza el chaqueño	18	Av. Circunvalación esq. Calle Méndez	11
	Av. Circunvalación Altura Surtidor Las Vegas	3	Av. Circunvalación esq. Calle 17 de Agosto	4
	Av. Circunvalación Altura Discoteca Éxtasis	3	Av. Circunvalación esq. Calle Cuellar	10
	Av. Circunvalación Alt. Parada de Transp.Urb. 6 de Agosto	7	Av. Circunvalación esq. Av. Humberto Arce	10
	Av. Circunvalación Altura Plaza Tucumán	5	Av. Circunvalación esq. El Monte	1
	Av. Circunvalación Altura Centro de Salud Taller II	3	Av. Circunvalación esq. Av. San Bernardo	12
	Av. Circunvalación Altura Faderpa	5	Av. Circunvalación esq. Calle la patria N°4	2
		75		100
Sub tramo 3	Av. Circunvalación Altura SEDEM	15	Av. Circunvalación esq. Calle Santa Cruz	11
	Av. Circunvalación Altura Pasaje 4	12	Av. Circunvalación esq. Calle Maritza Navajas	7
	Av. Circunvalación Altura Taricruz	6	Av. Circunvalación esq. Av. 4 de Octubre	5
	Av. Circunvalación Altura Lavandería tu auto Brillante	10	Av. Circunvalación esq. Calle Ana Vásquez de Calab	4
	Av. Circunvalación Altura antes de llegar a la Av. La Paz	3	Av. Circunvalación esq. Calle Mercedes Sánchez	5
	Av. Circunvalación Altura casi Calle San Alberto	3	Av. Circunvalación esq. Av. La Paz	13
	Av. Circunvalación Altura casi calle Tentahuazu	2	Av. Circunvalación esq. Calle San Alberto	0
			Av. Circunvalación esq. Calle Tentahuazu	0
			Av. Circunvalación esq. Avenida Itaitú	4
			Av. Circunvalación esq. Calle Caiza	1
		Av. Circunvalación esq. Av. Delio Echazu	13	
		Av. Circunvalación esq. Av. Gran Chaco	2	
		51		65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29 Clasificación de accidentes del tramo C-D

Tramo C-D Av. La Paz y Circunvalación - Av. La Paz y Av. Jaime Paz Z.				
Tramo	Segmento	Total	Intersección	Total
Sub tramo 1	Av La Paz altura Pollos Don Victor	6	Av La Paz esq. Calle Marina Torrejon	1
	Av La Paz altura el puente	9	Av La Paz esq. Calle Humberto Arce	2
	Av La Paz altura Farmacia Vida nueva	5	Av La Paz esq. Av. Los membrillos	3
	Av La Paz altura Gomalon	5	Av La Paz esq. Calle Rosendo Estensoro	8
	Av La Paz altura Banco Bisa	4	Av La Paz esq. Av. Potosi	8
				Av La Paz esq. calle Oruro
			Av La Paz esq. calle Bolivar	10
		29		37
Sub tramo 2	Av La Paz altura Banco Sol	6	Av La Paz esq. calle Ingavi	11
	Av La Paz altura Carniceria Gareca	8	Av La Paz esq. calle Madrid	6
	Av La Paz altura Caja petrolera de Salud	6	Av La Paz esq. calle. Belgrano	8
	Av La Paz altura Hotel Martinez	0	Av La Paz esq. calle Delfin Pino	9
	Av La Paz altura Hotel Martinez	0	Av La Paz esq. calle Ciro Trigo	3
				Av La Paz esq. calle Avaroa
		20		39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.30 Clasificación de accidentes del tramo D-E

Tramo D-E Av. La Paz y Víctor Paz - Av. Panamericana Y Av. Froilán Tejerina					
Tramo	Segmento	Total	Intersección	Total	
Sub tramo 1	Av. Panamericana, altura frente a Cossmil	15	Av. Jaime Paz Z. esq. Av. La Paz	17	
	Av. Víctor Paz E. altura Coliseo Liceo Tarija	9	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Padilla	3	
	Av. Víctor Paz E. altura Instituto militar	7	Av. Víctor Paz E. esq. Calle O'Connor	14	
	Av. Víctor Paz E. altura restaurante la Querencia	6	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Junín	11	
	Av. Víctor Paz E. altura Pizzas Eli	2	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Isaac Attie	9	
				Av. Víctor Paz E. esq. Calle Delgadillo	2
		39		56	
Sub tramo 2	Av. Panamericana, Altura SEDUCA	12	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Méndez	12	
	Av. Panamericana, Altura Rectorado	14	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Suipacha	11	
	Av. Panamericana, Altura Pasarela	4	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Colon	8	
	Av. Panamericana, Altura Transporte expreso el Chapaco	2	Av. Víctor Paz E. esq. C. Daniel Campos	10	
	Av. Víctor Paz Altura casi calle Daniel Campos	5	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Sucre	7	
				Av. Víctor Paz E. esq. Calle General Trigo	4
			Av. Víctor Paz E. esq. Calle Campero	0	
			Av. Víctor Paz E. esq. Juan Misael Saracho	2	
		37		54	
Sub tramo 3	Av. Panamericana, Altura Los Ceibos	14	Av. Víctor Paz E. esq. Calle Ballivián	10	
	Av. Panamericana O.O. de Transito	15	Av. Víctor Paz E. esq. Ramon Rojas	11	
	Av. Panamericana altura Parque Central Oscar Alfaro	10	Av. Víctor Paz E. Esq. Calle Sevilla	13	
	Av. Panamericana altura Zoológico Municipal	0	Av. Víctor Paz E. Esq. Calle 15 de Abril	5	
				Av. Víctor Paz E. Esq. Calle Madrid	12
		39		51	
Sub tramo 4	Av. Panamericana Altura Local Paraguaya	16	Av. Víctor Paz E. esq. Av. Domingo Paz	9	
	Av. Panamericana altura Pasarela fe y alegría	16	Av. Víctor Paz E. esq. Av. Calle Margarita	6	
	Av. Panamericana altura Comercial García	2	Av. Víctor Paz E. esq. Av. Calle Azucena	10	
	Av. Panamericana altura Comercial 15 de Abril	10	Av. Víctor Paz E. esq. Av. Calle Salomón Benítez	5	
	Av. Panamericana altura Hostal Punta Arenas	3	Av. Víctor Paz E. esq. Rotonda Europa	6	
				Av. Víctor Paz E. esq. Av. Cochabamba	10
				Av. Panamericana esq. Calle Luis Campero	7
				Av. Panamericana esq. Calle Timoteo Raña	9
			Av. Panamericana esq. Av. Froilán Tejerina	7	
		47		69	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.31 Clasificación de accidentes del tramo F-G

Calle Cochabamba y calle Humberto Portocarrero - Calle Cochabamba y calle Méndez			
2015			
	Segmento		Intersección
Sub tramo 1	Calle Cochabamba altura comercial La Loma	9	Calle Cochabamba esq. Calle Humberto Porto Carre
	Calle Cochabamba altura Colegio Humberto P. Carre	2	Calle Cochabamba esq. Calle Franz Ávila el Carpio
	Calle Cochabamba altura mercado La Loma	6	Calle Cochabamba esq. Calle Salomón Benítez
	Calle Cochabamba altura todo hogar Tarija	4	Calle Cochabamba esq. Calle Núñez del Prado
Sub tramo 2	Calle Cochabamba altura SBRT Fabrica ropa deportiv	6	Calle Cochabamba esq. Calle Corazón de Jesús
	Calle Cochabamba altura centro comercial Casa Sur	5	Calle Cochabamba esq. Calle Ballivián
			Calle Cochabamba esq. Calle Damasco Aguirre
			Calle Cochabamba esq. Calle Campero
Sub tramo 3	Calle Cochabamba altura casi calle Sucre	5	Calle Cochabamba esq. Calle Gral. Trigo
	Calle Cochabamba altura casi Colon	1	Calle Cochabamba esq. Calle Sucre
	Calle Cochabamba altura casi calle Daniel Campos	2	Calle Cochabamba esq. Calle Daniel Campos
	Calle Cochabamba altura casi calle Suipacha	1	Calle Cochabamba esq. Calle Colon
			Calle Cochabamba esq. Calle Suipacha
		Calle Cochabamba esq. Calle Méndez	

Fuente: Elaboración propia

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACCIDENTES DE TRANSITO

3.6.1 Reportes Oficiales de Accidente (Comando departamental de policía)

Esta etapa de recopilación de registro de accidentes está destinada a construir una base de datos de accidentes de tránsito (Microsoft Excel) ANEXO (III), que facilitó el comando departamental de policía. Esta base de datos constó de tablas una por cada año registrado, las cuales agrupan todos los accidentes de tránsito propiamente dichos, donde se detallan todas las características de cada accidente, además de ser localizadas por tramos según su dirección para facilitar posteriores cálculos, y la evaluación y análisis de la base de datos de accidentes de acuerdo a sus características. Cada registro de accidente consta de la siguiente información:

- Sitio o dirección del accidente
- Locación del accidente (intersección, no intersección)
- Fecha, día de la semana
- Tipo de Accidente (vuelco, colisión, atropello, etc.)

- Tipo de Colisión (frontal, trasera, lateral, etc.)
- Vehículos Involucrados (cantidad y tipo)
- Características del conductor responsable (sexo, edad)
- Víctimas (heridos leves, graves y/o fatales)

3.6.2 Porcentajes totales de los Accidente de Tránsito.

Para elaborar una evaluación y análisis del riesgo de accidentes de tránsito es de vital importancia conocer a fondo del problema y las causas que lo originen. Para este estudio se cuenta en total con datos de 1057 accidentes en el periodo de 5 años; desde el año 2015 hasta el año 2019 los cuales, por motivo de estudio y aplicación práctica se dividieron por tramos resultando una cantidad de 429 accidentes en el tramo A-B, 125 accidentes en el Tramo C-D, 392 accidentes en el tramo D-E, 111 Accidentes en el tramo F-G. Además de la división por tramos para el análisis y la evaluación del estudio se realizó el análisis de accidente según el daño de materiales, horario del accidente, por tipo de colisión el lugar del accidente para cada tramo en estudio para mayor entendimiento de análisis ver las siguientes Tablas según tramos

Análisis para los Tramos A-B, C-D, D-E y F-G Según daños materiales del Accidente

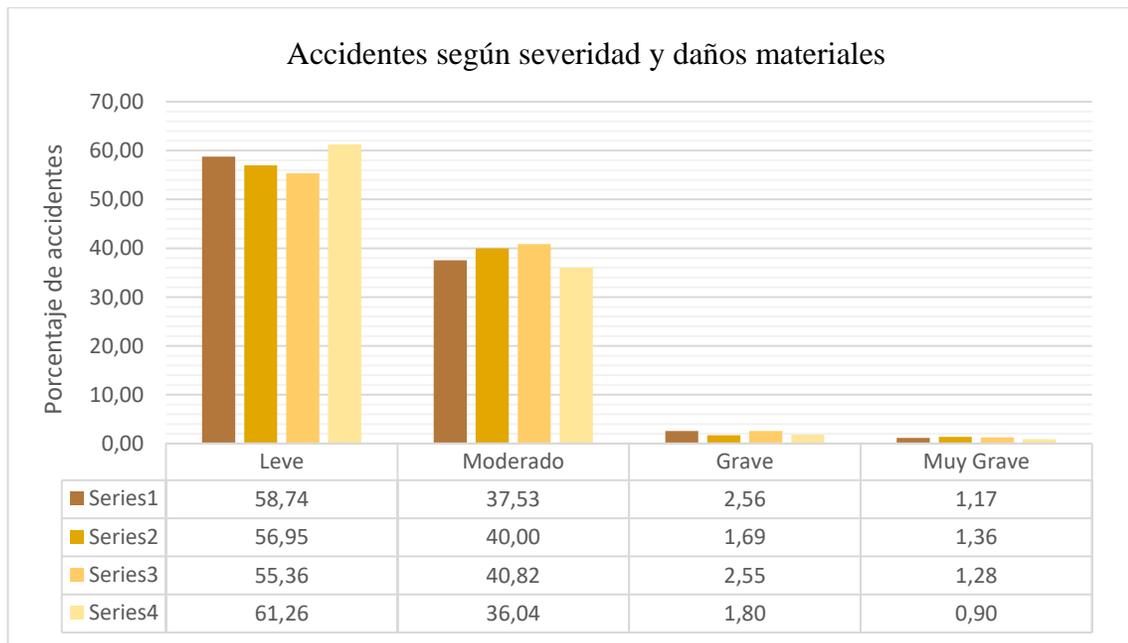
Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de las causas primarias y daños materiales de los accidentes de tránsito ocurrido en el tramo estudiado.

Tabla 3.32 Accidentes Según Severidad y Daños Materiales

Accidente según severidad y daños materiales								
Descripción	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
Leve	252,00	58,74	59,00	47,20	217,00	55,36	68,00	61,26
Moderado	161,00	37,53	59,00	47,20	160,00	40,82	40,00	36,04
Grave	11,00	2,56	3,00	2,40	10,00	2,55	2,00	1,80
Muy Grave	5,00	1,17	4,00	3,20	5,00	1,28	1,00	0,90
Total	429	100	125	100	392	100	111	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.2 Accidentes según severidad y daños materiales



Fuente: Elaboración propia

Según horario de ocurrencia del accidente

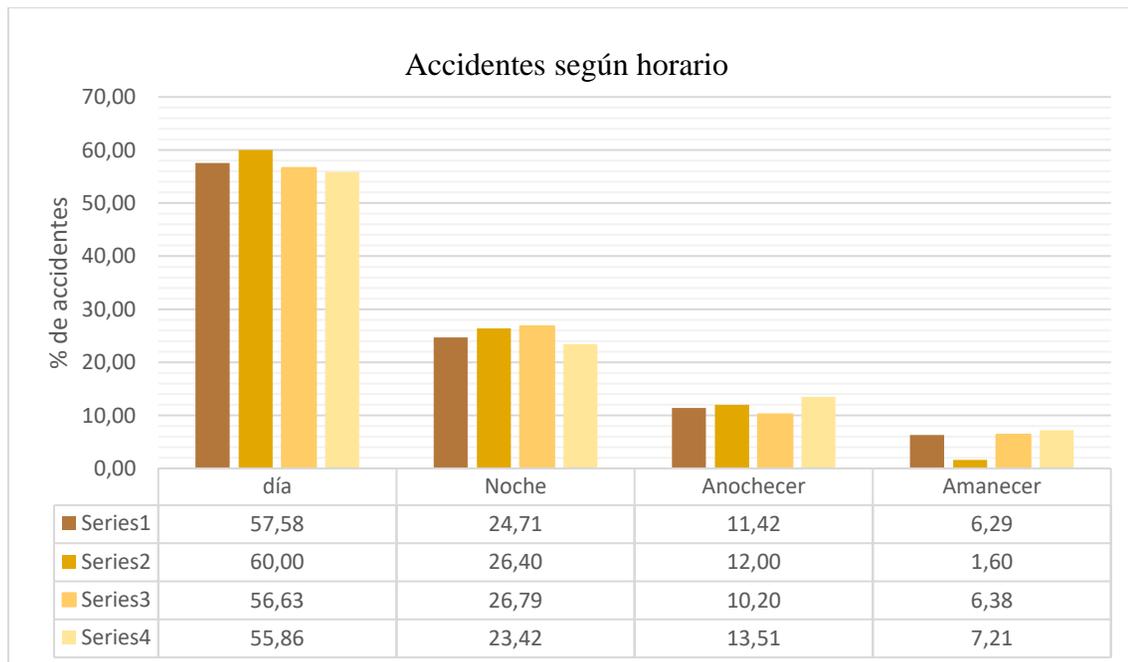
Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de ocurrencia de accidentes según el horario del acontecimiento del accidente de tránsito ocurrido en el tramo.

Tabla 3.33 Accidentes Según Horario

Accidentes según horario								
Descripción	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
Día	247,00	57,58	75,00	60,00	222,00	56,63	62,00	55,86
Noche	106,00	24,71	33,00	26,40	105,00	26,79	26,00	23,42
Anocheecer	49,00	11,42	15,00	12,00	40,00	10,20	15,00	13,51
Amanecer	27,00	6,29	2,00	1,60	25,00	6,38	8,00	7,21
Total	429	100	125	100	392	100	111	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.3 Accidentes según horario



Fuente: Elaboración propia.

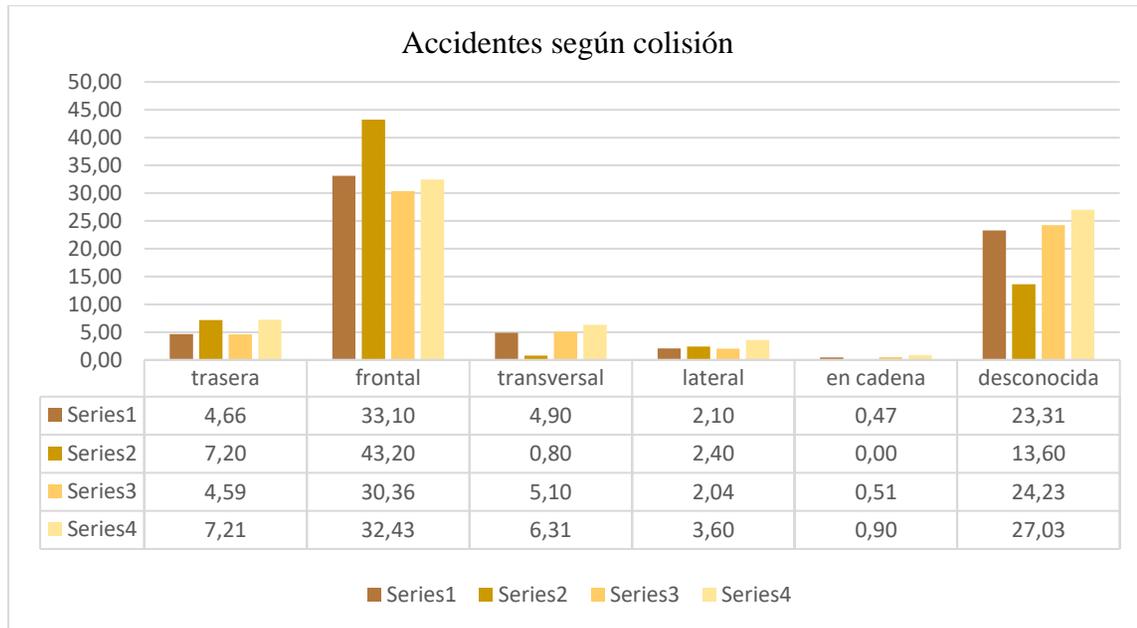
Según Tipo de Colisión Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes del tipo de colisión de accidente de tránsito con choque a vehículos ocurrido en los tramos estudiados

Gráfico 3.4 Accidentes según colisión

Descripción	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
trasera	20	4,66	9	7,20	18	4,59	8	7,21
frontal	142	33,10	54	43,20	119	30,36	36	32,43
transversal	21	4,90	1	0,80	20	5,10	7	6,31
lateral	9	2,10	3	2,40	8	2,04	4	3,60
en cadena	2	0,47	0	0,00	2	0,51	1	0,90
desconocida	100	23,31	17	13,60	95	24,23	30	27,03
Espacio en blanco	135	31,47	41	32,80	130	33,16	25	22,52
Total accidente del t	429	100	125	100	392	100	111	100

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3.5 Accidentes según colisión



Fuente: Elaboración propia

Según localización del Accidente

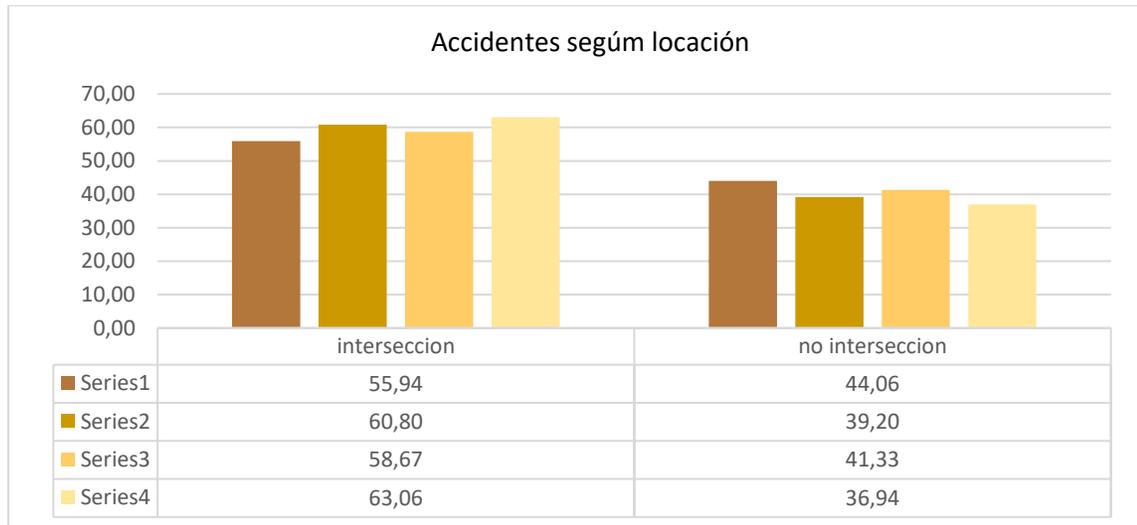
Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de la locación (intersección, no intersección) del accidente de tránsito ocurrido en el tramo estudiado

Tabla 3.34 Accidentes Según Locación

Accidentes Según Locación								
Descripción	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
Intersección	240	55,94	76	60,80	230	58,67	70	63,06
No intersección	189	44,06	49	39,20	162	41,33	41	36,94
Total	429	100,00	125	100	392	100	111	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.6 Accidentes según Locación



Fuente: Elaboración Propia

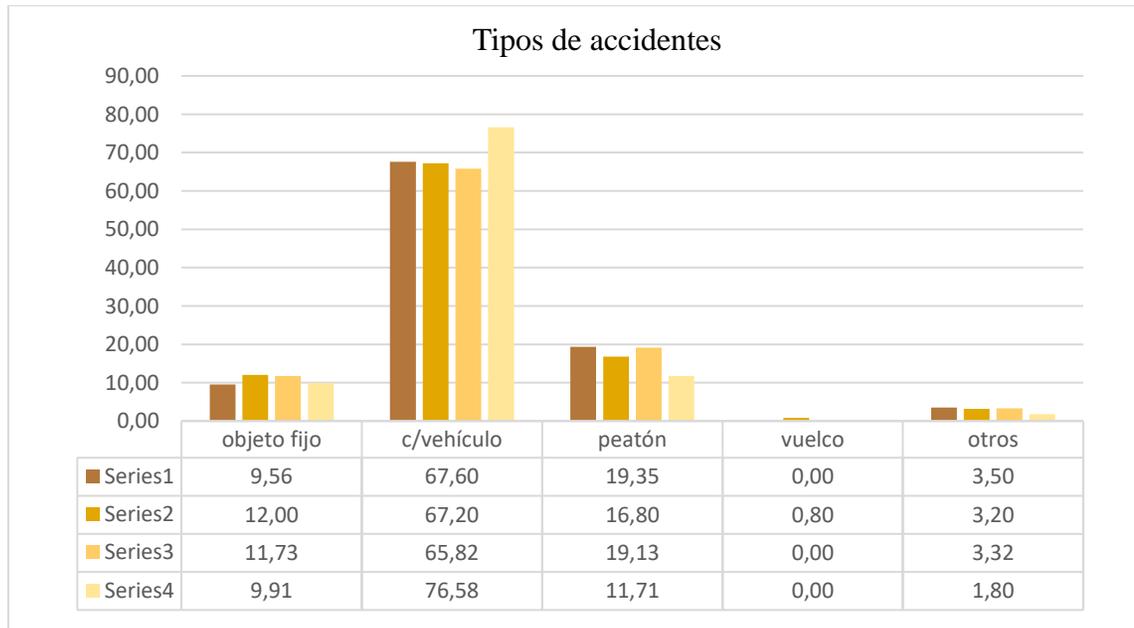
Tipos de Accidente Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de los tipos de accidente de tránsito ocurrido en el tramo estudiado

Tabla 3.35 Tipo de accidentes

Tipos de Accidentes								
Descripción	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
objeto fijo	41	12,46	15	12,00	46	11,73	11	9,91
c/vehículo	213	64,74	84	67,20	258	65,82	85	76,58
peatón	60	18,24	21	16,80	75	19,13	13	11,71
vuelco	0	0,00	1	0,80	0	0,00	0	0,00
otros	15	4,56	4	3,20	13	3,32	2	1,80
Total	329	100	125	100	392	100	111	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.7 Tipos de accidentes



fuelle: Elaboración propia

3.7 CALIBRACIÓN DEL MÓDULO DE ACCIDENTES

3.7.1 Calibración del Módulo de Accidente para Segmento e Intersecciones

Para el presente trabajo no se toman en cuenta los accidentes de peatones y bicicletas, sólo se tomó como referencia los datos de accidentes de vehículos de 5 años de (2015 a 2019), del COMANDO DEPARTAMENTAL DE POLICIA para cada tramo en estudio, para la calibración de los módulos, de la ecuación se tuvo que depurar algunos valores que se dará en planillas con rojo los depurados para la obtención del módulo de accidente. También fue necesario el análisis estadístico de los reportes de accidente para la obtención de número de accidentes en los segmentos e intersecciones de cada tramo, porcentajes de acuerdo a la severidad, daños materiales, accidentes por la noche, etc.

Calibración del Módulo de Frecuencia Media de Accidentes (SPF) para Segmentos

Para la realización de la calibración del (SPFs) se tomó en cuenta los reportes de accidentes de tránsito de 5 años de observación del año (2015 a 2019), y la función que

cumple la vía urbana que esta de ida y vuelta (2U), y se analizó la cantidad de accidentes por año que se cuenta en cada tramo, tomando en cuenta el segmento entre intersecciones.

Calibración de Dos Sentidos (2U)

Para esta calibración se tomó en cuenta la ecuación del manual que es exponencial lineal logarítmica, por lo tanto se tomó en cuenta los datos de cada tramo que contiene diferentes puntos, cada uno para un estudio de 5 años de observación de accidentes y de tráfico promedio diario, mediante el método de mínimos cuadrado se realizó la obtención de las constantes de la regresión siguientes del N_{spfs} , teniendo como datos el número de accidentes de tránsito, tráfico promedio diario y la longitud del tramo en estudio con lo que se tiene 20 datos para la calibración de la gráfica, ecuación y su ajuste a nuestro medio.

$$\ln(N_{spfs}) = \exp^{(a+b*\ln(AADT)+\ln(L))}$$

Aplicando el método de mínimos cuadrados para la obtención de las constantes (a, b) y su correlación de datos.

$$\ln(N_{spfs}) = \ln (\exp^{(a+b*\ln(AADT)+\ln(L))})$$

$$\ln(N_{spfs}) = a + b * \ln(AADT) + \ln (L)$$

$$\ln(N_{spfs}) = Y$$

$$\ln(AADT) = X$$

$$\ln(L) = Co$$

$$Y = a + b * X + Co$$

$$S = ei = Y - a - b * X - Co$$

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\frac{dS}{db} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\sum Y = aN + b \sum X + \sum Co \quad Ec I$$

$$\sum YX = a \sum X + b \sum X^2 + \sum Co X \quad Ec II$$

$$\sum Y - \sum Co = aN + b \sum X \quad Ec I$$

$$\sum YX - \sum Co X = a \sum X + b \sum X^2 \quad Ec II$$

En la realización de la obtención de los coeficientes de la regresión según el método de mínimos cuadrados se consideró la necesidad de eliminación de datos, ya que éstos estaban fuera de curva y no se contaba con un buen ajuste por lo tanto se utilizó 15 datos para la calibración.

Tabla 3.36 Datos para calibración en segmentos de dos sentidos

Nº	AADT (Veh/día)	ACCIT (acc/año)
1	3754	5
2	4115	5
3	4254	6
4	4395	6
5	4663	9
6	4669	10
7	4736	12
8	4920	12
9	4980	12
10	5192	12
11	5291	23
12	5402	25
13	5544	30
14	5575	34
15	5891	34
16	5922	40
17	6207	40
18	6324	40
19	6719	45
20	7080	45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.37 Calibración en segmentos de dos sentidos (2U)

Nº	AADT (Veh/día)	ACCTT(acc/año)	L(millas)	ln (x)	ln (y)	ln (Co)	ln (x ²)	ln (x)*ln(Co)	ln (x)*ln(y)	ln (Co)*ln(x)	ln (y ²)	ln (Yest)	(x-X)(y-Y)	(x-X) ²	(y-Y) ²	(Yest-Y)	(Yest-Y) ² =S	% DESV
1	3754	5	0,82	8,231	1,61	-0,20	67,74	-1,63	13,25	-0,32	0,04	1,562	0,287	0,080	1,029	1,129	0,002	1,088
2	4115	5	0,82	8,322	1,61	-0,20	69,26	-1,65	13,39	-0,32	0,04	1,802	0,194	0,037	1,029	0,676	0,037	17,574
3	4254	6	0,82	8,356	1,79	-0,20	69,81	-1,66	14,97	-0,36	0,04	1,888	0,132	0,025	0,693	0,542	0,009	4,409
4	4395	6	0,82	8,388	1,79	-0,20	70,36	-1,66	15,03	-0,36	0,04	1,973	0,104	0,016	0,693	0,423	0,033	15,652
5	4663	9	0,82	8,447	2,20	-0,20	71,36	-1,68	18,56	-0,44	0,04	2,128	0,028	0,004	0,182	0,246	0,005	2,242
6	4669	10	0,91	8,449	2,30	-0,09	71,38	-0,80	19,45	-0,22	0,01	2,236	0,021	0,004	0,103	0,151	0,004	2,099
7	4736	12	0,91	8,463	2,48	-0,09	71,62	-0,80	21,03	-0,23	0,01	2,273	0,007	0,003	0,019	0,123	0,045	21,326
8	4920	12	0,91	8,501	2,48	-0,09	72,27	-0,80	21,12	-0,23	0,01	2,373	0,002	0,000	0,019	0,063	0,013	5,979
9	4980	12	0,91	8,513	2,48	-0,09	72,47	-0,80	21,15	-0,23	0,01	2,404	0,000	0,000	0,019	0,048	0,007	3,097
10	5192	12	0,91	8,555	2,48	-0,09	73,19	-0,81	21,26	-0,23	0,01	2,513	-0,006	0,002	0,019	0,012	0,001	0,381
11	5575	34	1,8	8,626	3,53	0,59	74,41	5,07	30,42	2,07	0,35	3,381	0,101	0,013	0,814	0,573	0,021	9,978
12	5891	34	1,8	8,681	3,53	0,59	75,36	5,10	30,61	2,07	0,35	3,525	0,151	0,028	0,814	0,812	0,000	0,000
13	5922	40	2,05	8,686	3,69	0,72	75,45	6,24	32,04	2,65	0,52	3,669	0,184	0,030	1,134	1,092	0,000	0,183
14	6207	40	2,05	8,733	3,69	0,72	76,27	6,27	32,22	2,65	0,52	3,792	0,234	0,048	1,134	1,364	0,011	5,047
15	6324	40	2,05	8,752	3,69	0,72	76,60	6,28	32,29	2,65	0,52	3,841	0,254	0,057	1,134	1,480	0,023	10,945
Suma			18	128	39	2	1088	17	337	9	2	39	2	0	9	9	0,211	100,000

Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicado el método de mínimos cuadrados se obtuvieron tres ecuaciones, con tres incógnitas por lo tanto se realiza el cálculo de determinantes para la obtención de la regresión, y se obtienen las constantes de **(a, b, c)** de la serie de datos ya mencionados.

Ecuaciones:

$$\sum Y - \sum Co = aN + b \sum X \text{ Ec I}$$

$$\sum YX = \sum Co X = a \sum X + b \sum X^2 \quad \text{Ec II}$$

$$Co = a + b$$

$$51,67 = 20 + 171,17$$

$$443,44 = 171,17 + 1465,51$$

$$Y = a + b * X + Co$$

$$a = -19,747$$

$$b = 2,613$$

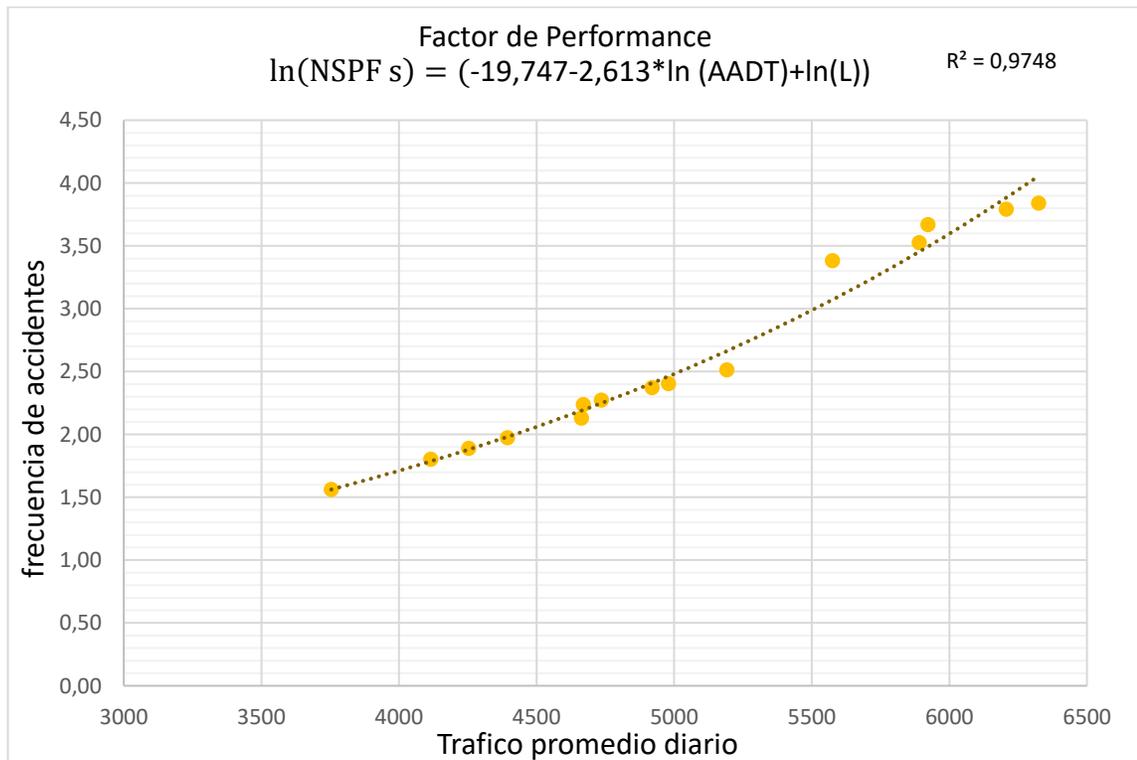
$$r = 0,99$$

$$r^2 = 0,983$$

$$r = \sqrt{\frac{\sum(Y_{\text{est}} - \bar{y})^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}}$$

Para el ajuste de la curva se calcula la desviación $S^2 = (Y_{est}-y)^2$ los desvíos según los datos y la curva de la regresión, por lo que se obtiene el valor de $S^2 = 0,21$ este valor si es próximo a cero, el ajuste es bueno que contiene a los puntos del diagrama de dispersión, esto se llama curva de mínimos cuadrados por que está considerando el mínimo del cuadrado de la desviación S.

Gráfico 3.8 Frecuencia media de accidentes (Nspf)



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, con la constante, se obtiene la ecuación ya calibrada para los valores de **Nspfs**, (factores de performance de seguridad) para las condiciones base ajustada a nuestro medio.

Análisis de la calibración del módulo de accidentes:

Como se puede evidenciar la ecuación obtenida está entre el rango permitido por la correlación de datos que se tenía; claro que no se obtuvo al 100% pero se tomó el 75 % de los datos tomados para la calibración, del cual se obtiene el 98 % de los 75 %

computable. Es un buen parámetro de estimación de los valores, ya que en una calibración se puede cometer muchos errores como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico vehicular, conteo de vehículos, reportes de accidentes que no son asentados en tránsito, señalizaciones en las vías. Por lo tanto, se afirma que la calibración es confiable.

Interpretación de la calibración de la curva ajustada a nuestro medio.

Analizando la gráfica se puede evidenciar que en los últimos datos hay un desfase de puntos por encima de la curva, pero no son de mucha consideración, se denota una desviación de 17 %, 15%, 21%, 9% y 10% de la curva en distintos puntos, esto podría deberse a que se realizaron controles de tránsito, se colocaron señalizaciones tanto verticales como horizontales, no se registraron los accidentes por no ser reportados a Tránsito, paros cívicos que paralizan el tráfico vehicular, bloqueos, etc.

Por lo consiguiente, se ve por los puntos observados que hay una línea de tendencia lineal hasta el punto final de la gráfica, Pero para generalizar se tomó la exponencial considerando la tendencia de correlación de datos de su coeficiente de correlación de 0.99, esto muestra una alta relación de las variables de X, Y su factor de ajuste o coeficiente de determinación de un 98 % de los valores de Y depende de X, pues sólo el 75% de los datos son utilizados.

La gráfica calibrada ajustada es aplicable para nuestro medio para un tráfico vehicular de 0 hasta 7000 (vehículos/día) y para una longitud mínima de 0,1 millas o 160 metros para las condiciones dadas en esta calibración, ya que también se ve un crecimiento del parque automotor de la ciudad hay un incremento de alrededor de 5% anuales de vehículos del total que se tiene. Por lo tanto, se puede afirmar que la calibración será válida por (3-5) años y pasado ese tiempo se deberá realizar de nuevo esta calibración para el estudio de posteriores usos.

Calibración del Módulo de Frecuencia Media de Accidentes (SPF) para Intersecciones

Para la realización de la calibración del (SPF int.) se tomaron en cuenta los reportes de accidentes de tránsito de 5 años de observación del año (2015 a 2019), y la función que cumple la vía urbana que está de ida y vuelta (2U), y se analizó la cantidad de accidentes por año que se cuenta cada tramo, considerando sólo la intersección.

Calibración para intersección de Dos Sentidos (2U)

Para esta calibración se aplicó la ecuación del manual que es exponencial lineal logarítmica, por lo tanto, se tomaron en cuenta los datos de cada tramo que contiene diferentes puntos cada uno para un estudio de 5 años de observación de accidentes y de tráfico promedio diario; mediante el método de mínimos cuadrado se realizó la obtención de las constantes de la ecuación siguientes del $N_{spf\ int}$, contando como datos el número de accidentes de tránsito, tráfico promedio diario máximo de la vía mayor y tráfico promedio diario mínimo de la vía menor que es el 30% aproximadamente de la vía mayor del tramo en estudio con lo que se tiene 20 datos para la calibración del gráfica y ecuación y su ajuste a nuestro medio.

$$\ln(N_{spf\ int}) = \exp^{(a+b*\ln(AADT_{max})+c*\ln(AADT_{min}))}$$

Aplicando los métodos mínimos cuadrados para obtención de las constantes (a, b) y su correlación de datos.

$$\ln(N_{spf\ int}) = \ln(\exp^{(a+b*\ln(AADT_{max})+c*\ln(AADT_{min}))})$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = a + b * \ln(AADT_{max}) + c * \ln(AADT_{min})$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = Y$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = X_1$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = X_2$$

$$Y = a + b * X_1 + c * X_2$$

$$S = e_i = Y - a - b * X_1 - c * X_2$$

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\frac{dS}{db} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\frac{dS}{dc} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\sum Y = aN + b \sum X_1 + c \sum X_2 \quad \text{Ec. I}$$

$$\sum YX_1 = a \sum X_1 + b \sum X_1^2 + c(\sum X_1 * \sum X_2) \quad \text{Ec. II}$$

$$\sum YX_2 = a \sum X_2 + b(\sum X_1 * \sum X_2) * \sum X_2^2 \quad \text{Ec. III}$$

En la realización de la obtención de los coeficientes de la regresión según el método de mínimos cuadrados se consideró la necesidad de eliminación de datos, ya que éstos estaban fuera de curva y no se contaba con un buen ajuste por lo tanto se utilizó 15 datos para la calibración.

Tabla 3.38 Depuración de datos de dos sentidos en intersección (2U)

Nº	AADTmax (Veh/día)	AADTmin (Veh/día)	ACCIT (acc/año)
1	3754	1126	11
2	4115	1235	12
3	4254	1276	13
4	4395	1318	13
5	4663	1399	14
6	4669	1401	14
7	4736	1421	15
8	4920	1476	16
9	4980	1494	16
10	5192	1558	22
11	5291	1587	22
12	5402	1621	23
13	5544	1663	36
14	5575	1673	40
15	5891	1767	42
16	5922	1777	52
17	6207	1862	52
18	6324	1897	55
19	6719	2016	73
20	7080	2124	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.39 Calibración de dos sentidos en intersección (2U)

Nº	AADTmax (Veh/día)	AADTmin (Veh/día)	ACCIT (acc/año)	ln (x1)	ln (x2)	ln (y)	x1 ²	x2 ²	y ²	X1*X2	Ŷ*x1	Ŷ*x2	Y est	(x1-X1) ²	(x2-X2) ²	(y-Y) ²	(Yest-Y) ²	(Yest-Y) ²	%desv
1	4663	1399	14	8,45	7,24	2,64	71	52	6,96	61	22	19	1,300	0,023	1,842	0,488	4,151	1,794	6,160
2	4669	1401	14	8,45	7,24	2,64	71	52	6,96	61	22	19	1,305	0,023	1,838	0,488	4,129	1,779	6,108
3	4736	1421	15	8,46	7,26	2,71	72	53	7,33	61	23	20	1,365	0,019	1,800	0,396	3,889	1,803	6,192
4	4920	1476	16	8,50	7,30	2,77	72	53	7,69	62	24	20	1,528	0,010	1,699	0,319	3,275	1,550	5,324
5	4980	1494	16	8,51	7,31	2,77	72	53	7,69	62	24	20	1,579	0,008	1,668	0,319	3,093	1,425	4,895
6	5192	1558	22	8,55	7,35	3,09	73	54	9,55	63	26	23	1,756	0,002	1,562	0,061	2,500	1,782	6,119
7	5291	1587	22	8,57	7,37	3,09	74	54	9,55	63	27	23	1,837	0,001	1,515	0,061	2,252	1,574	5,405
8	5402	1621	23	8,59	7,39	3,14	74	55	9,83	64	27	23	1,925	0,000	1,464	0,041	1,996	1,466	5,036
9	5544	1663	36	8,62	7,42	3,58	74	55	12,84	64	31	27	2,035	0,000	1,402	0,061	1,696	2,398	8,234
10	5575	1673	40	8,63	7,42	3,69	74	55	13,61	64	32	27	2,059	0,001	1,389	0,124	1,635	2,657	9,126
11	5891	1767	42	8,68	7,48	3,74	75	56	13,97	65	32	28	2,293	0,006	1,262	0,160	1,091	2,087	7,168
12	5922	1777	52	8,69	7,48	3,95	75	56	15,61	65	34	30	2,315	0,007	1,250	0,377	1,044	2,676	9,189
13	6207	1862	52	8,73	7,53	3,95	76	57	15,61	66	35	30	2,515	0,018	1,147	0,377	0,676	2,062	7,083
14	6324	1897	55	8,75	7,55	4,01	77	57	16,06	66	35	30	2,594	0,023	1,108	0,449	0,552	1,996	6,856
15	6719	2016	73	8,81	7,61	4,29	78	58	18,41	67	38	33	2,852	0,045	0,984	0,909	0,235	2,068	7,104
Suma				129,01	110,95	50,06	1110	820,84	171,69	954,42	431,45	371,18	29,26	0,19	21,93	4,63	32,212	29,118	100,000

Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicado el método de mínimos cuadrados se obtuvieron tres ecuaciones, con tres incógnitas por lo tanto se realiza el cálculo de determinantes para la obtención de la regresión, y se obtienen las constantes de **(a, b, c)** de la serie de datos ya mencionados.

Ecuaciones:

$$\sum Y = aN + b \sum X_1 + c \sum X_2 \quad \text{Ec. I}$$

$$\sum YX_1 = a \sum X_1 + b \sum X_1^2 + c(\sum X_1 * \sum X_2) \quad \text{Ec. II}$$

$$\sum YX_2 = a \sum X_2 + b(\sum X_1 * \sum X_2) * \sum X_2^2 \quad \text{Ec. III}$$

Tabla 3.40 Sistema de ecuaciones para segmentos de dos sentidos

Ecuación 1	50,06	15,00	129,01	110,95
Ecuación 2	431,45	129,01	1109,74	954,42
Ecuación 3	371,18	110,95	954,42	820,84

Fuente: Elaboracion propia

$$a = -34$$

$$b = 3,8$$

$$c = 0,5$$

$$r = 0,98$$

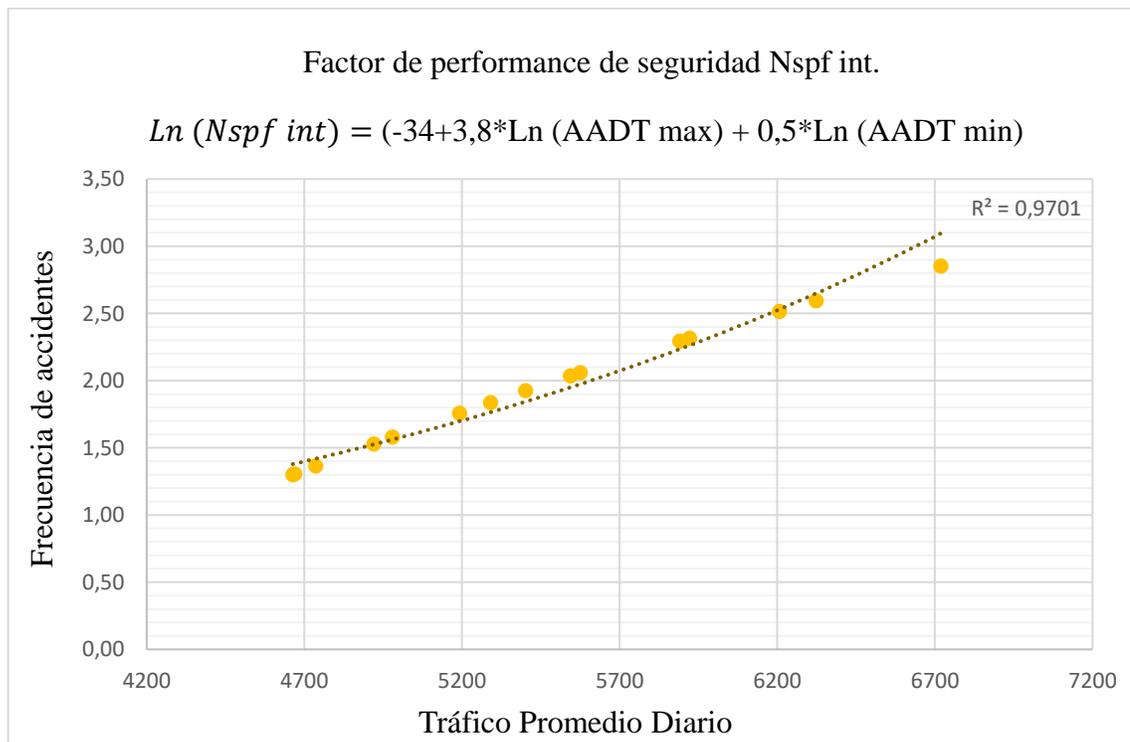
$$r^2 = 0,97$$

$$r = \sqrt{\frac{\sum(Y_{\text{est}} - \bar{y})^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}}$$

Para el ajuste de la curva, se calcula la desviación $(S)^2 = (Y_{\text{est}} - y)^2$, los desvíos según los datos y la curva de la regresión, por lo que se obtiene el valor de $S^2 = 0.50$. Este valor si es próximo a cero el ajuste es bueno, pues contiene a los puntos del diagrama de

dispersión. Esto se llama la curva de mínimos cuadrados porque se está considerando el mínimo del cuadrado de la desviación **S**.

Gráfico 3.9 Frecuencia Media de Accidentes (Nspf int) (2U)



Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, obtenida la constante se obtiene la ecuación ya calibrada para los valores de **Nspf int**, (factores de performance de seguridad) para las condiciones base, ajustado a nuestro medio.

Análisis de la calibración del módulo de accidentes:

Como se puede observar la ecuación obtenida está entre el rango permitido por la correlación de datos que se tenía; claro que no se obtuvo al 100% pero se tomó el 75 % de los datos tomados para la calibración, del cual se obtiene el 97 % de los 75 % computable. Es un buen parámetro de estimación de los valores, ya que en una calibración se puede cometer muchos errores como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico vehicular, conteo de vehículos, reportes de accidentes que no son

asentados en tránsito, señalizaciones en las vías. Por lo tanto, se afirma que la calibración es confiable.

Interpretación de la calibración de la curva ajustada a nuestro medio.

Viendo la gráfica, se evidencia que en los primeros datos hay un desfase de puntos por debajo de la curva, pero no son de mucha consideración, se denota una desviación de 8% y 9% de la curva, esto podría deberse a que se realizaron controles de tránsito se colocaron señalizaciones tanto verticales como horizontales, no se registraron los accidentes por no ser reportados a Tránsito, paros cívicos que paralizan el tráfico vehicular, bloqueos, etc.

Por lo consiguiente, se ve por los puntos observados que hay una línea de tendencia lineal hasta el punto final de la gráfica, Pero para generalizar se tomó la exponencial considerando la tendencia de correlación de datos de su coeficiente de correlación de 0.99, esto muestra una alta relación de las variables de X, Y su factor de ajuste o coeficiente de determinación de un 97 % de los valores de Y depende de X, pues sólo el 75% de los datos son utilizados.

La gráfica calibrada ajustada es aplicable para nuestro medio para un tráfico vehicular de 0 hasta 7000 (vehículos/día) y para las condiciones dadas en esta calibración ya que también se ve un crecimiento del parque automotor de la ciudad hay un incremento de 5% anuales de vehículos del total que se tiene. Por lo tanto, se puede afirmar que la calibración será válida por (3-5) años y pasado ese tiempo se deberá realizar de nuevo esta calibración para el estudio de posteriores casos.

3.8 APLICACIÓN DEL MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES

Cada SPF también tiene un parámetro de sobre dispersión asociado, k . El parámetro de sobre dispersión proporciona una indicación de la fiabilidad estadística del SPF. Cuanto más cerca de cero esté el parámetro de sobre dispersión, más fiable estadísticamente será el SPF.

3.8.1 Factor de calibración para segmentos de dos sentidos

Para el valor de k se calcula con la siguiente ecuación:

$$k = \frac{0,236}{L}$$

W se obtiene de los reportes de accidentes, porcentaje del mismo

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (k * \sum \text{Before}_{\text{years}} * N_{\text{predicted}})}$$

$$N_{\text{expected}} = W_{i,B} * N_{\text{predicted}} + (1 - W_{i,B}) * N_{\text{observed,B}}$$

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B

$$k = \frac{0,236}{0,55} = 0,429$$

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (0,429 * 63)} = 0,04$$

$$N_{\text{expected}} = 0,04 * 13 + (1 - 0,04) * 13 = 13$$

Tabla 3.41 Calibración de Cr para Segmento (2U)

		N expected			
Tramo	Sub-tramos	k	w	N expected	Cr
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,43	0,04	12,60	1,00
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,34	0,04	15,04	1,00
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,43	0,04	12,60	1,00
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,49	0,07	14,37	1,04
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,69	0,07	9,78	1,04
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,49	0,05	5,90	0,98
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,49	0,05	4,20	0,95
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,45	0,05	7,83	1,00
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	0,41	0,05	7,50	0,99
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de	0,69	0,10	7,34	1,06
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1,03	0,10	8,69	1,08
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,69	0,10	4,08	1,03
				Promedio	1,01

Fuente: Elaboración Propia

3.8.2 Factor de calibración para intersecciones de dos sentidos

El valor de k se obtiene de los reportes de accidentes, es el porcentaje de accidentes ocurridos en intersecciones, el valor de w se obtiene con las siguiente formula:

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (k * \sum \text{Before}_{\text{years}} * N_{\text{predicted}})}$$

$$N_{\text{expected}} = W_{i,B} * N_{\text{predicted}} + (1 - W_{i,B}) * N_{\text{observed},B}$$

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B

Tabla 3.42 Calibración de Ci para intersección (2U)

Accidentes Según Locación								
Descripción	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
Intersección	240	55,94	76	60,80	230	58,67	70	63,06
No intersección	189	44,06	49	39,20	162	41,33	41	36,94
Total	429	100,00	125	100	392	100	111	100

Fuente: Elaboración Propia

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + \left(\frac{55,94}{100} * 108\right)} = 0,017$$

$$N_{\text{expected}} = 0,017 * 22 + (1 - 0,017) * 15 = 15,11$$

Tabla 3.43 Calibración de Cr para intersección (2U)

Calibración de Ci para intersección para vías urbanas 2(U)					
Tramos	Sub-tramos	k	w	N expected	Ci
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,56	0,02	15,11	0,99
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,56	0,02	20,03	1,00
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,56	0,02	13,14	0,99
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,61	0,04	7,41	1,00
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,61	0,04	7,80	1,00
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,59	0,03	11,23	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,59	0,03	10,84	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,59	0,03	10,26	0,99
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	0,59	0,03	13,76	1,00
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	0,63	0,07	6,82	1,03
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,63	0,07	4,59	1,00
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,63	0,07	2,55	0,94
	Promedio				1,00

Fuente: Elaboración Propia

3.9 SELECCIONAR Y APLICAR SPF

3.9.1 SPF para segmentos de dos sentidos

Para segmentos de dos sentidos, los SPF se calcula teniendo como datos de entrada: TPDA, longitud de segmento, accidentes por año en el segmento, formula de condición base de performance de seguridad (NSPFs):

Tabla 3.44 Longitud de cada sub – tramo para segmento (2U)

Longitud total del tramo A-B			
Tramo	Sub - tramos	longitud (m)	Longitud (millas)
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	881,60	0,55
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1120,00	0,70
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	890,00	0,55
	Total	2891,60	1,80
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	768,23	0,48
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	554,31	0,34
	Total	1322,54	0,82
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	772,43	0,48
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	773,81	0,48
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	832,32	0,52
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	922,09	0,57
	Total	3300,65	2,05
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	628,43	0,34
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	369,31	0,23
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	608,40	0,34
	Total	1606,14	0,91

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.45 TPDA de los años en estudio para Segmento (2U)

TPDA						
Tramo	Sub-tramos	2015	2016	2017	2018	2019
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	5402	5922	6324	6719	7080
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	5402	5922	6324	6719	7080
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	5402	5922	6324	6719	7080
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	4254	4663	4980	5291	5575
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	4254	4663	4980	5291	5575
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	4736	5192	5544	5891	6207
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	4736	5192	5544	5891	6207
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	4736	5192	5544	5891	6207
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	4736	5192	5544	5891	6207
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	3754	4115	4395	4669	4920
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	3754	4115	4395	4669	4920
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	3754	4115	4395	4669	4920

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.46 Accidentes/ año para Segmento (2U)

Accidentes/año								
Tramo	Sub-tramos	2015	2016	2017	2018	2019	Total	Prom.
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	14	9	13	17	10	63	13
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	18	14	15	15	13	15	15
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	8	11	12	13	7	10	10
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	5	7	6	7	4	6	6
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	7	2	6	3	2	4	4
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	4	4	13	11	7	8	8
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	5	6	8	9	9	7	7
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	7	7	9	8	8	8	8
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	7	8	10	12	10	9	9
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	7	3	3	6	2	4	4
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	3	2	1	4	1	2	2
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	2	1	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración Propia

Para estimación de frecuencia (N_{spfs}) se utiliza la siguiente ecuación calibrada utilizando los coeficientes de dispersión de ($a = -19,747$, $b = 2,613$)

$$N_{spfs} = \exp^{(a+b \cdot \ln(AADT) + \ln(L))}$$

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$N_{spfs\ 2015} = \exp^{(-19,747 + 2,613 \cdot \ln(5402) + \ln(0,55))}$$

$$N_{spfs\ 2015} = 8,28 \text{ ccidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spfs\ 2016} = \exp^{(-19,747 + 2,613 \cdot \ln(5922) + \ln(0,55))}$$

$$N_{spfs\ 2016} = 10,52 \text{ ccidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spfs\ 2017} = \exp^{(-19,747 + 2,613 \cdot \ln(6324) + \ln(0,55))}$$

$$N_{spfs\ 2017} = 12,48 \text{ ccidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spfs\ 2018} = \exp^{(-19,747 + 2,613 \cdot \ln(6719) + \ln(0,55))}$$

$$N_{spfs\ 2018} = 14,62 \text{ ccidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spfs\ 2019} = \exp^{(-19,747+2,613*\ln(7080)+\ln(0,55))}$$

$$N_{spfs\ 2019} = 16,77 \text{ ccidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spfs\ Total} = 63 \text{ accidentes de vehiculos/año para los 5 años}$$

$$N_{spfs\ Promedio} = 12,54 \text{ ccidentes de vehiculos/año}$$

Tabla 3.47 Nspf accidentes/año para Segmento (2U)

Tramo	Sub-tramos	2015	2016	2017	2018	2019	Suma	Promedio
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	8	11	12	15	17	63	13
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	11	13	16	19	21	80	16
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	8	11	12	15	17	63	13
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	4	5	6	7	8	29	6
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	3	3	4	5	6	21	4
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	5	7	8	9	10	39	8
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	5	7	8	9	10	39	8
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	6	7	8	10	11	42	8
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	6	8	9	11	12	46	9
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	2	3	3	3	4	15	3
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1	2	2	2	3	10	2
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	2	3	3	3	4	15	3

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2 SPF para intersecciones de dos sentidos

Para intersecciones de dos sentidos, los SPF se calcula teniendo como datos de entrada:

TPDA max, TPDA min, accidentes por año en la intersección, formula de condición base de performance de seguridad (NSPFint):

Tabla 3.48 TPDA máx. de los años en estudio para Intersección (2U)

TPDA Max.						
Tramos	Sub-tramos	2015	2016	2017	2018	2019
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	5402	5922	6324	6719	7080
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	5402	5922	6324	6719	7080
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	5402	5922	6324	6719	7080
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	4254	4663	4980	5291	5575
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	4254	4663	4980	5291	5575
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	4736	5192	5544	5891	6207
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	4736	5192	5544	5891	6207
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	4736	5192	5544	5891	6207
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	4736	5192	5544	5891	6207
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	3754	4115	4395	4669	4920
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	3754	4115	4395	4669	4920
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	3754	4115	4395	4669	4920

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.49 TPDA min los años en estudio para Intersección (2U)

TPDA min.						
Tramo	Sub-tramos	2015	2016	2017	2018	2019
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1621	1777	1897	2016	2124
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1621	1777	1897	2016	2124
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	1621	1777	1897	2016	2124
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1276	1399	1494	1587	1673
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1276	1399	1494	1587	1673
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1421	1558	1663	1767	1862
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1421	1558	1663	1767	1862
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1421	1558	1663	1767	1862
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	1421	1558	1663	1767	1862
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	1126	1235	1318	1401	1476
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1126	1235	1318	1401	1476
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1126	1235	1318	1401	1476

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.50 Accidentes/ año para Intersección (2U)

Accidentes / año								
Tramos	Sub-tramos	2015	2016	2017	2018	2019	Prom.	Total.
A-B	Av. Circ. y Av. Froilan Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	24	18	6	16	11	15	75
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	31	22	10	24	13	20	100
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	20	12	6	15	12	13	65
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalacion - Av. La Paz y Ingavi	8	8	9	5	7	7	37
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	14	6	7	6	6	8	39
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Victor Paz y Calle Mendez	9	15	6	14	12	11	56
	Av. Victor Paz y Calle Mendez - Av. Victor Paz y calle Ballivian	10	18	4	12	10	11	54
	Av. Victor Paz y Calle Ballivian - Av. Panamericana y Calle D. Paz	7	19	5	11	9	10	51
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilan	14	21	8	15	11	14	69
F-G	Calle Cbba. y Calle H. portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazon	8	8	5	8	6	7	35
	Calle Cbba. y Calle Corazon de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	4	5	5	5	4	5	23
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Mendez	3	1	3	3	2	2	12

Fuente: Elaboración Propia

Para la estimación de frecuencia ($N_{spf\ int}$) se utiliza la siguiente ecuación calibrada, utilizando los coeficientes de dispersión de: ($a = -34$), ($b = 3,75$), ($c = 0,5$)

$$N_{spf\ int} = \exp^{(a+b*\ln(AADTmax)+c*\ln(AADTmin))}$$

$$N_{spf\ int\ 2015} = \exp^{(-34+3,80*\ln(5402)+0,50*\ln(1621))}$$

$$N_{spf\ int\ 2009} = 10,534 \text{ Accidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spf\ int\ 2016} = \exp^{(-34+3,80*\ln(5922)+0,5*\ln(1777))}$$

$$N_{spf\ int\ 2009} = 15,639 \text{ Accidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spf\ int\ 2017} = \exp^{(-34+0,51*\ln(6324)+0,5*\ln(1897))}$$

$$N_{spf\ int\ 2018} = 20,739 \text{ Accidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spf\ int\ 2018} = \exp^{(-34+3,80*\ln(6719)+0,5*\ln(2016))}$$

$$N_{spf\ int\ 2019} = 26,915 \text{ Accidentes de vehiculos/año}$$

$$N_{spf\ int\ 2019} = \exp^{(-34+3,80*\ln(7080)+0,50*\ln(2124))}$$

$$N_{spf\ int\ 2009} = 33,705$$

$$N_{spfs\ Total} = 108 \text{ accidentes de vehiculos/año para los 5 años}$$

$$N_{spfs\ Promedio} = 22 \text{ ccidentes de vehiculos/año}$$

Tabla 3.51 Nspf accidentes/año para Intersección (2U)

Nspf s Accidentes / año								
Tramos	Sub-tramos	2015	2016	2017	2018	2019	Prom.	Total.
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	11	16	21	27	34	22	108
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	11	16	21	27	34	22	108
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	11	16	21	27	34	22	108
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	4	6	7	10	12	8	38
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	4	6	7	10	12	8	38
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	6	9	12	15	19	12	61
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	6	9	12	15	19	12	61
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	6	9	12	15	19	12	61
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	6	9	12	15	19	12	61
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	2	3	4	6	7	4	22
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	2	3	4	6	7	4	22
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	2	3	4	6	7	4	22

Fuente: Elaboración propia

3.10 APLICAR AMF (FACTOR QUE MODIFICA ACCIDENTE)

Los factores de modificación de accidentes (AMF) se utilizan para ajustar la estimación de la frecuencia de accidentes, dado por SPF “Safety Performance de Seguridad” a las características individuales del sitio en estudio.

Específicamente, los AMF representan el cambio relativo en la frecuencia de accidentes debido a la variación de una condición dada, quedando constantes todas las otras condiciones y características del sitio. Los AMF para las condiciones base de cada función de rendimiento de seguridad tienen un valor de 1. Cuando una o más condiciones del sitio en estudio difieren de las de base, los AMF pueden tomar valores mayores o menores a 1, dependiendo si esa característica particular está asociada a una mayor o menor frecuencia de accidentes.

3.10.1 Aplicación de AMF_r en segmentos de dos sentidos

AMF_{1r} Estacionamiento en la calle

El AMF₁ para el estacionamiento en la vía pública, cuando esté presente. La condición básica es la ausencia de estacionamiento en la vía pública en un segmento de la calzada. El AMF se determina como:

$$AMF_{1r} = 1 + ppk * (fpk - 1)$$

$$ppk = \frac{1}{2} * \frac{Lpk}{L}$$

Donde:

- AMF1r = Factor de modificación de accidentes para el efecto del estacionamiento en vía sobre el total de accidentes
- fpk = Factor del tipo de estacionamiento y su uso
- ppk = Proporción de la longitud de la acera con estacionamiento en la calle
- Lpk = Suma de la longitud de la acera con estacionamiento en la calle para ambos lados de la carretera combinados (millas)
- L = Longitud del segmento de la calzada (millas).

Tabla 3.52 Estacionamiento de los tramos en estudio

Tramos	Long. estacionamiento		Tipo de estacionamiento	Zona
	Metros	Millas		
A-B	440,85	0,274	Paralelo	Comercial
C-D	91,52	0,057	Angular	Comercial/Institucional
D-E	159,6	0,099	Angular	Comercial/Institucional
F-G	365,63	0,227	Paralelo	Residencial

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.53 Longitud de segmentos de vías

Tramo	Longitud (millas)
A-B	1,80
C-D	0,82
D-E	2,39
F-G	0,91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.54 factor de tipo de estacionamiento

Estacionamiento; Tipo de calle	fpk (2U)
Estacionamiento en paralelo; Residencial/otro	1,47
Estacionamiento en paralelo; Comercial o Industrial/Institucional	2,07
Estacionamiento en Angulo; Residencial/otro	3,43
Estacionamiento en Angulo; Comercial o Industrial/Institucional	4,85

Fuente: Elaboración propia

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$ppk = \frac{1}{2} * \frac{0,274}{1,8} = 0,08$$

$$AMF_{1r} = 1 + 0,08 * (2,074 - 1) = 1,09$$

Tabla 3.55 Cálculo del AMF1r

AMF1r					
Tramo	Sub-Tramos	long. Estac.	Ppk	Factor estac	AMF1r
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,27	0,08	2,07	1,09
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,27	0,08	2,07	1,09
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,27	0,08	2,07	1,09
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	91,52	0,03	4,85	1,12
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	91,52	0,03	4,85	1,12
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	159,60	0,02	4,85	1,08
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	159,60	0,02	4,85	1,08
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	159,60	0,02	4,85	1,08
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	159,60	0,02	4,85	1,08
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	0,23	0,12	1,47	1,06
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,23	0,12	1,47	1,06
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,23	0,12	1,47	1,06

Fuente: Elaboración propia

AMF_{2r} Objetos fijos en la vía: El AMF2 para objetos fijos al costado de la vía, cuando esté presente. La condición base es la ausencia de objetos fijos al costado de la carretera en un segmento de la misma. Se determina con la siguiente ecuación:

$$AMF_{2r} = \text{offset} * D_{fo} * P_{fo} + (1 - P_{fo})$$

Dónde:

- AMF2r = Factor de modificación del accidente para el efecto de los objetos fijos en la carretera sobre el total de accidentes
- foffset = Factor de compensación de objeto fijo.
- Dfo = Densidad de objetos fijos (objetos fijos / mi) para ambos lados de la vía
- pfo = Colisiones de objetos fijos como proporción del total de colisiones

Tabla 3.56 Densidad de objetos fijos en los tramos de estudio

Dfo Densidad de objetos fijos al borde de la vía			
A-B	C-D	D-E	F-G
56	40	29	28
31,11	48,78	12,13	30,77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.57 Factor de distancia a objetos fijos

Distancia a objetos fijos (Of)(ft)	Factor de distancia de objetos fijos
2	0,23
5	0,13
10	0,09
15	0,07
20	0,06
25	0,05
≥30	0,04

Fuente: Highway Safety Manual

Tabla 3.58 Longitud a objetos fijos en los tramos de estudio

Longitud a objetos fijos	pies	Foffset
Tramo A-B	14	0,07
Tramo C-D	9	0,10
Tramo D-E	10	0,09
Tramo F-G	6	0,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.59 Proporción de accidentes por objetos fijos

Tipo de vía	Proporción de objetos fijos (Pfo)
2U	0,06
3T	0,03
4U	0,04
4D	0,04
5T	0,02

Fuente: Highway Safety Manual

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$AMF_{2r} = 0,0718 * 31,11 * 0,059 + (1 - 0,059) = 1,07$$

Tabla 3.60 Cálculo del AMF2r

AMF2r					
Tramo	Sub-Tramos	Foffset	Dfo	Pfo	AMF2r
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,07	31,11	0,06	1,07
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,07	31,11	0,06	1,07
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,07	31,11	0,06	1,07
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,10	48,78	0,06	1,19
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,10	48,78	0,06	1,19
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,09	14,15	0,06	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,09	14,15	0,06	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,09	14,15	0,06	1,00
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	0,09	14,15	0,06	1,00
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	0,12	30,77	0,06	1,17
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,12	30,77	0,06	1,17
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,12	30,77	0,06	1,17

Fuente: Elaboración propia

AMF_{3r} Ancho del medio: El AMF3 para mediana en segmentos de vía divididos de arterias urbanas y suburbanas.

Tabla 3.61 Factor de ancho del medio de segmentos de vía divididos

Ancho del medio (Ft)	AMF
10	1,01
15	1,00
20	0,99
30	0,98
40	0,97
50	0,96
60	0,95
70	0,94
80	0,93
90	0,93
100	0,92

Fuente: Highway Safety Manual

Tabla 3.62 Iteración del factor del ancho del medio de segmentos

Ancho del medio		
Tramo	Pie	Iterando
A-B	23,88	0,99
C-D	1,64	1,02
D-E	20,73	0,99
F-G	1,64	1,02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.63 Cálculo del AMF3r

AMF3r		
Tramo	Sub-Tramos	AMF3r
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,99
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,99
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,99
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1,02
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1,02
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,99
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,99
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,99
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	0,99
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	1,02
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1,02
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1,02

Fuente: Elaboración propia

AMF_{4r} Iluminación: El AMF4 para tramos de vías iluminadas. La condición básica para la iluminación es la ausencia de iluminación del tramo de la calzada. Se determina, con la siguiente ecuación:

$$AMF_{4r} = 1 - (pnr * (1 - 0,72 * pinr - 0,83 * ppnr))$$

Dónde:

- AMF_{4r} = Factor de modificación del accidente para el efecto de la iluminación del tramo de la calzada sobre el total de choques.
- pinr = Proporción del total de choques nocturnos para segmentos de carreteras sin iluminación que involucran una muerte o lesión.
- ppnr = Proporción del total de choques nocturnos para segmentos de carreteras sin iluminación que solo involucran daños a la propiedad.
- pnr = Proporción del total de choques para segmentos de carreteras no iluminados que ocurren de noche.

Tabla 3.64 Proporción de accidentes nocturnos para vías sin iluminación

Tipo de segmento de la vía	(2U)	(3T)	(4U)	(4D)	(5T)
Proporción de accidentes en la noche para segmentos no iluminados que involucran muertes lesiones (Pinr)	0,42	0,43	0,52	0,36	0,43
Proporción de accidentes en la noche para segmentos no iluminados que involucran solo daños materiales (Ppnr)	0,58	0,57	0,48	0,64	0,57
Proporción de accidentes totales en la noche para segmentos no iluminados (Pnr)	0,32	0,30	0,37	0,41	0,27

Fuente: Elaboración propia

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$AMF_{4r} = 1 - (0,316 * (1 - 0,72 * 0,424 - 0,83 * 0,576)) = 0,93$$

Tabla 3.65 Cálculo del AMF4r

AMF4r		
Tramo	Sub-Tramos	AMF4r
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,93
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,93
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,93
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,93
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,93
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,93
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,93
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,93
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	0,93
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	0,93
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,93
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,93

Fuente: Elaboración propia

AMF_{5r} Control de velocidad automatizada: El AMF5r control de velocidad automatizado. Los sistemas de control de velocidad automatizados utilizan identificación por video o fotografía junto con radares o láseres para detectar conductores que aceleran. Estos sistemas registran automáticamente la información de identificación del vehículo sin la necesidad de que haya agentes de policía en el lugar.

Si ésta no dispone en efecto de la entrada de velocidad automatizada en los accidentes, el valor del AMF para la entrada de velocidad automatizada sería 1

Tabla 3.66 Cálculo del AMF5r

AMF5r		
Tramo	Sub-Tramos	AMF5r
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	1
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	1
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	1
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1

Fuente: Elaboración propia

Factores que Modifican Accidente Total:

$$AMF_{rs\ total} = AMF_{1r} * AMF_{2r} * AMF_{3r} * AMF_{4r} * AMF_{5r}$$

$$AMF_{rs\ total} = 1,09 * 1,07 * 0,99 * 0,93 * 1,00$$

$$AMF_{rs\ total} = 1,07$$

Formula general (método predictivo)

$$N_{predicted} = N_{spfs} * (AMF_{1x} * AMF_{2x} * ... * AMF_{yx}) + N_{pedx} + N_{bikex} * C_x$$

No se tomó en cuenta los siguientes parámetros debido a que no se cuenta con estos datos en el estudio.

N_{pedx} = Frecuencia medio de colisiones del vehículo-peatón por año para el tipo del sitio x.

N_{bikex} = Frecuencia medio de colisiones de la vehículo-bicicleta por año para el tipo del sitio x

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$N_{\text{predicted}} = 12,54 * (1,07) + 0 + 0) * 1$$

$$N_{\text{predicted}} = 13$$

Tabla 3.67 Factores que modifican accidentes en intersecciones

Factores que modifican el accidente segmentos para vías urbanas (2U)							
Tramo	Sub-tramos	AMF1r	AMF2r	AMF3r	AMF4r	AMF5r	AMF total
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1,09	1,07	0,99	0,93	1,00	1,07
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1,09	1,07	0,99	0,93	1,00	1,07
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	1,09	1,07	0,99	0,93	1,00	1,07
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1,12	1,19	1,02	0,93	1,00	1,26
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1,12	1,19	1,02	0,93	1,00	1,26
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
F-G	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	1,06	1,17	1,02	0,93	1,00	1,17
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1,06	1,17	1,02	0,93	1,00	1,17
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1,06	1,17	1,02	0,93	1,00	1,17
	Promedio						1,10

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Aplicación de AMF_{ri} en intersecciones de dos sentidos

AMF_{1i} Intersección Izquierdo: La condición básica para los carriles para girar a la izquierda en las intersecciones es la ausencia de carriles para girar a la izquierda en los accesos a las intersecciones

Tabla 3.68 Número de Acercamientos

		El número de acercamientos con izquierdo - vuelva las sendas			
El tipo de intersección	El mando de tráfico de intersección	1 acercamiento	2 acercamiento	3 acercamiento	4 acercamiento
La intersección de las tres piernas	El mando de parada de camino menor	0,67	0,45		
	El semáforo	0,93	0,86	0,8	
La intersección de las cuatro piernas	El mando de parada de camino menor	0,73	0,53		
	El semáforo	0,9	0,81	0,73	0,66

Fuente: Highway Safety Manual

Tabla 3.69 Cálculo del AMF1i para las intersecciones en estudio

AMF1i		
Tramos	Sub-tramos	
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,93
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,93
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,93
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,93
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,93
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,93
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,93
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,93
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	0,93
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	0,93
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,93
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,93

Fuente: Elaboración propia

AMF_{2i} Cambio de fase de la señal de giro a la izquierda de la intersección: Los tipos de fase de señal de giro a la izquierda considerados incluyen permisivo, protegido, protegido/permisivo y permisivo/protegido. La operación protegida/permisiva también se conoce como una fase de señal de giro a la izquierda adelantada; la operación permisiva/protegida también se conoce como una fase retrasada de la señal de giro a la izquierda.

Tabla 3.70 Tipo de Giro Escalonado Señalado

Tipo de giro escalonado señalado	AMF2i
Protegido	1,00
Protegido/Permitido o Permitido/Protegido	0,99
Permitido	0,94

Fuente: Highway Safety Manual

Tabla 3.71 Tipo de Giro Escalonado Señalado

Tramo	Giro Izquierdo	AMF2i
A-B	si	0,94
C-D	si y no	0,99
D-E	no	1,00
F-G	si	0,94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.72 Cálculo del AMF_{2i} para las intersecciones en estudio

AMF _{2i}		
Tramos	Sub-tramos	
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,94
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,94
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,94
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,99
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,99
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1,00
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	1,00
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	0,94
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,94
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,94

Fuente: Elaboración propia

AMF_{3i} Carriles de giro a la derecha de intersección: Estos AMF se aplican a la instalación de carriles para girar a la derecha en cualquier acceso a una intersección con semáforos, pero solo en accesos no controlados de carreteras principales a intersecciones controladas por ALTO.

Tabla 3.73 Número de acercamientos

		El número de acercamientos con izquierdo - vuelva las sendas			
El tipo de intersección	El mando de tráfico de intersección	1 acercamiento	2 acercamiento	3 acercamiento	4 acercamiento
La intersección de las tres piernas	El mando de parada de camino menor	0,86	0,74		
	El semáforo	0,96	0,92	0,8	
La intersección de las cuatro piernas	El mando de parada de camino menor	0,86	0,74		
	El semáforo	0,96	0,92	0,88	0,85

Fuente. Highway Safety Manual

Tabla 3.74 Número de acercamientos

AMF3i		
Tramos	Sub-tramos	
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,96
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,96
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,96
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,96
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,96
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,96
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,96
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,96
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	0,96
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	0,96
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,96
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,96

Fuente: Elaboración propia

AMF_{4i} Giro a la derecha en rojo: La condición base para este AMF es permitir un giro a la derecha en rojo en todos los accesos a una intersección señalizada. El AMF se determina como:

$$AMF_{4i} = 0,98(n_{prohib})$$

Donde:

AMF_{4i} = Factor de modificación de accidentes aefecto de prohibir el derecho los giros en la red en los accidentes total.

n_{prohib} = El número de intersección para que el derecho encienda semáforos de la red se prohíbe.

Tabla 3.75 Cálculo del AMF4i para las intersecciones en estudio

AMF4i		
Tramos	Sub-tramos	
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,98
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,98
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,98
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,98
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,98
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,98
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,98
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,98
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	0,98
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	0,98
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,98
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,98

Fuente: Elaboración propia

AMF_{5i} Encendido: La condición base para la iluminación es la ausencia de iluminación en las intersecciones.

$$AMF_{5i} = 1 - 0,38 \times P_{ni}$$

Donde:

AMF_{5i}= Factor de modificación de accidentes a efecto de intersección encendido en el total de accidentes.

pni = Proporción de accidentes totales para las intersecciones que ocurran por la noche. Este AMF aplica para sumar los accidentes de la intersección (no incluso el vehículo peatón y colisiones del vehículo-bicicleta).

Tabla 3.76 Accidentes según horario

Descripción	Accidentes según horario							
	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
Día	247,00	57,58	75,00	60,00	222,00	56,63	62,00	55,86
Noche	106,00	24,71	33,00	26,40	105,00	26,79	26,00	23,42
Anochecer	49,00	11,42	15,00	12,00	40,00	10,20	15,00	13,51
Amanecer	27,00	6,29	2,00	1,60	25,00	6,38	8,00	7,21
Total	429	100	125	100	392	100	111	100

Fuente: Elaboración propia

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$AMF_{5i} = 1 - 0,38 \times \frac{24,71}{100} = 0,91$$

Tabla 3.77 Cálculo del AMF5i para las intersecciones en estudio

AMF5i		
Tramos	Sub-tramos	
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,91
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,91
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,91
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,90
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,90
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,90
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,90
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,90
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	0,90
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	0,91
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,91
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,91

Fuente: Elaboración propia

AMF_{6i} Red de cámaras ligeras: La condición base para las cámaras de luz roja es su ausencia. El AMF para la instalación de una cámara de luz roja para hacer cumplir las infracciones de la señal roja en una intersección señalizada para la instalación de cámaras de luz roja de 0,74 para colisiones en ángulo recto y un AMF de 1,18 para colisiones traseras. En otras palabras, normalmente se espera que las cámaras de luz roja reduzcan las colisiones en ángulo recto y aumenten las colisiones traseras.

$$AMF_{61} = 1 - P_{ra} \times (1 - 0,74) - P_{re} \times (1 - 1,18)$$

AMF_{61} = Factor de modificación de accidente para la instalación de luz roja en las cámaras en las intersecciones señalizadas.

P_{ra} = Proporción de caídas que son el múltiple-vehículo, el ángulo recto, las colisiones.

P_{re} = Proporción de caídas que son el múltiple-vehículo, el trasero-fin, las colisiones.

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$AMF_{61} = 1 - \frac{4,66}{100} \times (1 - 0,74) - \frac{33,10}{100} \times (1 - 1,18) = 1,047$$

Tabla 3.78 Número de Acercamientos

Accidentes según horario								
Descripción	tramo A-B		tramo C-D		tramo D-E		tramo F-G	
	total	%	total	%	total	%	total	%
Día	247,00	57,58	75,00	60,00	222,00	56,63	62,00	55,86
Noche	106,00	24,71	33,00	26,40	105,00	26,79	26,00	23,42
Anocheecer	49,00	11,42	15,00	12,00	40,00	10,20	15,00	13,51
Amanecer	27,00	6,29	2,00	1,60	25,00	6,38	8,00	7,21
Total	429	100	125	100	392	100	111	100

Fuente: Highway Safety Manual

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B:

$$AMF_{61} = 1 - \frac{4,66}{100} \times (1 - 0,74) - \frac{33,10}{100} \times (1 - 1,18) = 1,047$$

Tabla 3.79 Cálculo del AMF6i para las intersecciones en estudio

AMF6i		
Tramos	Sub-tramos	
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1,05
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1,05
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	1,05
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1,06
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1,06
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1,04
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1,04
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1,04
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	1,04
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	1,04
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1,04
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1,04

Fuente. Elaboración propia

Factores que Modifican accidente total:

$$AMF_{int \text{ total}} = AMF_{1i} * AMF_{2i} * AMF_{3i} * AMF_{4i} * AMF_{5i}$$

$$AMF_{int \text{ total}} = 0,93 * 0,94 * 0,96 * 0,98 * 0,91$$

$$AMF_{int \text{ total}} = 0,78$$

Tabla 3.80 Factores que modifican accidentes en intersecciones

Factores que modifican el accidente la intersección para vías urbanas (2U)								
Tramos	Sub-tramos	AMF1i	AMF2i	AMF3i	AMF4i	AMF5i	AMFi	AMF Total
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,05	0,78
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,05	0,78
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,05	0,78
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,93	0,99	0,96	0,98	0,90	1,06	0,83
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,93	0,99	0,96	0,98	0,90	1,06	0,83
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,04	0,78
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,04	0,78
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,04	0,78
	Promedio							0,80

Fuente: Elaboración propia

3.11 FACTOR DE CALIBRACIÓN

Para el valor de Cr y de Ci se divide el número de accidentes observado con el número de accidentes experimentado

$$Cr = \frac{N_{observer A}}{N_{expected A}}$$

Formula general (método predictivo)

$$N_{predicted} = N_{spfs} * (AMF_{1x} * AMF_{2x} * ... * AMF_{yx}) + N_{pedx} + N_{bikex} * C_x$$

No se tomó en cuenta los siguientes parámetros debido a que no se cuenta con estos datos en el estudio.

N_{pedx} = Frecuencia medio de colisiones del vehículo-peatón por año para el tipo del sitio x.

N_{bikex} =Frecuencia medio de colisiones de la vehículo-bicicleta por año para el tipo del sitio x

Se realiza el recalcu con el nuevo N expected:

$$Cr = \frac{N_{\text{observer corregido}}}{N_{\text{expected corregido}}}$$

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B para segmentos

$$Cr = \frac{12,60}{12,60} = 1$$

Formula general método predictivo:

$$N_{\text{predicted}} = 12,54 * ((1,07) + 0 + 0) * 1 = 13,39$$

Recalculo:

$$Cr = \frac{12,63}{12,60} = 0,94$$

Tabla 3.81 Cálculo del coeficiente Cr aplicado a nuestro medio

N observado	N expected	Cr
12,60	12,60	1,00
15,00	15,04	1,00
10,20	10,29	0,99
5,80	5,80	1,00
4,00	4,01	1,00
7,80	7,80	1,00
7,40	7,42	1,00
7,80	7,83	1,00
9,40	9,39	1,00
4,20	4,08	1,03
2,20	2,18	1,01
1,80	1,91	0,94
	Promedio	1,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.82 Cálculo del factor de calibración Cr para segmentos de dos sentidos

Calibración de Cr para segmentos						
Tramo	Sub-tramos	Cr	Nspf	N predictivo	N observados	Cr
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1,00	13	13	13	0,94
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1,00	16	17	15	0,88
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,99	13	13	10	0,76
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1,00	6	7	6	0,79
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1,00	4	5	4	0,77
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1,00	8	8	8	1,01
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1,00	8	8	7	0,96
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1,00	8	8	8	0,94
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	1,00	9	9	9	1,03
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	1,03	3	3	4	1,20
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1,01	2	2	2	0,93
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,94	3	3	2	0,52
					Promedio	0,89

Fuente: Elaboración propia

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B para intersecciones

$$Cr = \frac{15.0}{17} = 0,88$$

Formula general método predictivo:

$$N_{\text{predicted}} = 12,60 * ((1,07) + 0 + 0) * 1 = 13,48$$

Recalculo:

$$Cr = \frac{15.0}{15,1} = 0,99$$

Tabla 3.83 Cálculo del coeficiente Ci aplicado a nuestro medio

N observado	N expected	Ci
15,00	15,11	0,99
20,00	20,03	1,00
13,00	13,14	0,99
7,40	7,41	1,00
7,80	7,80	1,00
11,20	11,23	1,00
10,80	10,84	1,00
10,20	10,26	0,99
13,80	13,76	1,00
7,00	6,82	1,03
4,60	4,59	1,00
2,40	2,55	0,94
	Promedio	1,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.84 Cálculo del factor de calibración Ci para intersecciones de dos sentidos

Tramos	Sub-tramos	Ci	Nspf	N predictivo	N observado	Ci
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1	22	16,67	15,00	0,90
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1	22	16,77	20,00	1,19
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	1	22	16,61	13,00	0,78
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1	8	6,34	7,40	1,17
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1	8	6,36	7,80	1,23
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1	12	9,98	11,20	1,12
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1	12	9,97	10,80	1,08
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1	12	9,95	10,20	1,02
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	1	12	10,04	13,80	1,37
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	1	4	3,59	7,00	1,95
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1	4	3,51	4,60	1,31
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1	4	3,30	2,40	0,73
	Promedio					1,16

Fuente: Elaboración propia

3.12 SUMATORIA DE SITIOS Y AÑOS

$$N_{\text{predicted total}} = N_{\text{predicted segm}} + N_{\text{predicted int}}$$

Cálculo para el sub tramo 1 del tramo A-B total

$$N_{\text{predicted total}} = 30 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

$$N_{\text{observado total}} = 28 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

Tabla 3.85 Número de accidentes totales para los tramos en estudio

Número de accidentes totales para 5 años de estudio			
Tramos	Sub-Tramos	N predictivo	N observado
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	30	28
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	34	35
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	30	23
Total		94	86
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	14	13
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	12	12
Total		25	25
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	18	19
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	18	18
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	18	18
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	19	23
Total		73	78
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de	7	11
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	6	7
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	7	4
Total		20	22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.86 Resultados obtenidos en los tramos de estudio

Número de accidentes totales para 5 años de estudio		N predictivo	N observado
Total de accidentes promedio para los 5 años de estudio		54,5	52,85
Total de accidentes para los 5 años de estudio		218	211,4
% de aproximación		96,88%	
% de error de estimación		3,12%	

Fuente: Elaboración propia

3.13 PLAN DE MEJORAMIENTO DE SEGURIDAD VIAL CON HSM

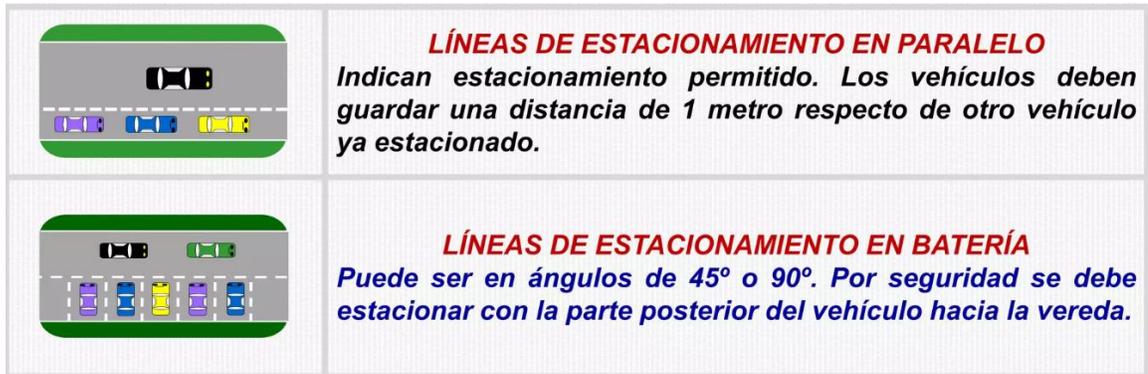
3.13.1 Tratamientos de estacionamiento con AMF

Para prohibir el estacionamiento en la calle se pueden considerar muchos factores antes de eliminar o modificar el estacionamiento en vía. Estos factores incluyen la demanda de estacionamiento, la geometría de la carretera, las operaciones de tráfico y la seguridad.

Conversión del estacionamiento en ángulo en paralelo

El efecto de colisión de convertir el estacionamiento en ángulo en estacionamiento paralelo en arterias urbanas se incorpora en un AMF para estacionamiento en vía que incluye los efectos de colisión no solo del estacionamiento en ángulo frente al estacionamiento en paralelo, sino también del tipo de desarrollo a lo largo de la arteria y la proporción de longitud de acera con estacionamiento en la calle.

Imagen 3.45 Tipos de Estacionamientos



Fuente: Educación vial

La condición base del AMF (es decir, la condición en la que el $AMF = 1,00$) es la ausencia de estacionamiento en vía. Se puede determinar un AMF para cambiar de estacionamiento en ángulo a estacionamiento en paralelo dividiendo el AMF determinado para estacionamiento en paralelo por el AMF determinado para estacionamiento en ángulo. Este AMF se aplica al total de accidentes del segmento de carretera.

Para el tramo C-D:

Imagen 3.46 Estacionamientos angulares sobre la Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.87 Accidentes ocurridos en el tramo C-D

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
C-D	Av. La Paz y Av Circunvalacion - Av. La Paz y Ingavi	7

Fuente. Elaboración propia

Datos de entrada:

- Tramo C-D, sub tramo 1
- Zona = Comercial / institucional
- Longitud de segmento en pies = 2534.4 pies
- % de estacionamiento en el tramo = 16,53 %
- Accidentes para el segmento = 7 accidentes/año

Tabla 3.88 Tipo de estacionamiento

Estacionamiento; Tipo de calle	fpk (2U)	fpk (3T)	fpk (4U)	fpk (4D)	fpk (5T)
Estacionamiento en paralelo; Residencial/otro	1,465	1,465	1,1	1,1	1,1
Estacionamiento en paralelo; Comercial o Industrial/Institucional	2,074	3,074	4,074	5,074	6,074
Estacionamiento en angulo; Residencial/otro	3,428	4,428	5,428	6,428	7,428
Estacionamiento en angulo; Comercial o Industrial/Institucional	4,853	5,853	6,853	7,853	8,853

Fuente: Highway Safety Manual

$$AMF_{1r} = 1 + P_{Pk} \times (f_{pk} - 1)$$

Donde:

AMR_{1r} = Factor de modificación de accidentes para el efecto del estacionamiento en vía sobre el total de accidentes.

f_{pk} = Factor por tabla de acuerdo al tipo de estacionamiento

P_{pk} = Proporción de longitud de acera con estacionamientos en la calle para ambos lados del camino.

Paso 1: Identificar el estacionamiento y el factor de uso de la tierra para el ángulo de estacionamiento de la condición existente f_{pk} = 4,853

Paso 2: Identificar el estacionamiento y el factor de uso del suelo para la condición propuesta de estacionamiento paralelo $f_{pk} = 2,074$

Paso 3: Cálculo de condición existente:

$$AMF_{1r} = 1 + \frac{16,53}{100} \times (4,853 - 1) = 1,64$$

Paso 4: Cálculo de condición propuesta:

$$AMF_{1r} = 1 + \frac{16,53}{100} \times (2,074 - 1) = 1,18$$

Paso 5: Calcular el tratamiento AMF Tratamiento correspondiente al cambio de esquema de estacionamiento

$$AMF \text{ Tratamiento} = \frac{AMF_{1r} \text{ Propuesto}}{AMF_{1R} \text{ Existente}}$$

$$AMF \text{ Tratamiento} = \frac{1,18}{1,64} = 0,72$$

- ❖ El tratamiento AMF se calcula como la relación entre la condición AMF existente y la condición AMF propuesta. Siempre que la condición existente no sea igual a la condición base para un AMF determinado, se requerirá una división entre la condición AMF existente (donde esté disponible) y la condición AMF propuesta.

Paso 6: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera sin el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,72 \times 7 \text{ accidentes/año} = 5,04 \text{ accidentes/año}$$

Paso 7: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 7 - 5,04 = 1,96 \text{ reducción de accidentes/año}$$

Para el tramo D-E

Imagen 3.47 Estacionamientos angulares sobre la Av. Víctor Paz



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.89 Accidentes ocurridos en el tramo D-E

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Victor Paz y Calle Mendez	8
	Av. Victor Paz y Calle Mendez - Av. Victor Paz y calle Ballivian	8
	Av. Victor Paz y Calle Ballivian - Av. Panamericana y Calle D. Paz	8
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilan T.	9

Fuente. Elaboración propia

Datos de entrada:

- Zona = Comercial / institucional
- Longitud de segmento en pies = 10560 pies
- % de estacionamiento en el tramo = 13 %
- Accidentes para el segmento = 33 accidentes/año

Tabla 3.90 Tipo de estacionamiento

Estacionamiento; Tipo de calle	fpk (2U)	fpk (3T)	fpk (4U)	fpk (4D)	fpk (5T)
Estacionamiento en paralelo; Residencial/otro	1,465	1,465	1,1	1,1	1,1
Estacionamiento en paralelo; Comercial o Industrial/Institucional	2,074	3,074	4,074	5,074	6,074
Estacionamiento en angulo; Residencial/otro	3,428	4,428	5,428	6,428	7,428
Estacionamiento en angulo; Comercial o Industrial/Institucional	4,853	5,853	6,853	7,853	8,853

Fuente: Highway Safety Manual

Paso 1: Identificar el estacionamiento y el factor de uso de la tierra para el ángulo de estacionamiento de la condición existente $f_{pk} = 4,853$

Paso 2: Identificar el estacionamiento y el factor de uso del suelo para la condición propuesta de estacionamiento paralelo $f_{pk} = 2,074$

Paso 3: Cálculo de condición existente:

$$AMF_{1r} = 1 + P_{Pk} \times (f_{pk} - 1)$$

$$AMF_{1r} = 1 + \frac{13}{100} \times (4,853 - 1) = 1,50$$

Paso 4: Cálculo de condición propuesta:

$$AMF_{1r} = 1 + \frac{13}{100} \times (2,074 - 1) = 1,14$$

Paso 5: Calcular el tratamiento AMF Tratamiento correspondiente al cambio de esquema de estacionamiento

$$AMF \text{ Tratamiento} = \frac{AMF_{1r} \text{ Propuesto}}{AMF_{1R} \text{ Existente}}$$

$$AMF \text{ Tratamiento} = \frac{1,14}{1,50} = 0,76$$

- ❖ El tratamiento AMF se calcula como la relación entre la condición AMF existente y la condición AMF propuesta. Siempre que la condición existente no sea igual a la condición base para un AMF determinado, se requerirá una división entre la condición AMF existente (donde esté disponible) y la condición AMF propuesta.

Paso 6: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera sin el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,76 \times 33 \text{ accidentes/año} = 25,08 \text{ accidentes/año}$$

Paso 7: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 33 - 25,08 = 7,92 \text{ reducción de accidentes/año}$$

3.13.1.1 Tratamientos de Prohibir el estacionamiento en la calle

Se pueden considerar muchos factores antes de eliminar o modificar el estacionamiento en vía. Estos factores incluyen la demanda de estacionamiento, la geometría de la carretera, las operaciones de tráfico y la seguridad.

Tabla 3.91 Tipo de estacionamiento

Tratamiento	Ajuste (tipo de vía)	Volumen de trafico	Tipo de accidente (Gravedad)	AMF
Prohibir estacionamiento en la calle	Urbano arterial	hasta 30000	Todos los tipos (todas las gravedades)	0,58
Prohibir estacionamiento en la calle	Urbano arterial	30000-40000	Todos los tipos (Lesión)	0,78
			Todos los tipos (Sin lesiones)	0,72

Fuente: Highway Safety Manual

La migración accidental es un posible resultado de prohibir el estacionamiento en la calle, los conductores pueden usar diferentes calles para encontrar estacionamiento en la calle, o pueden tomar diferentes rutas para estacionarse fuera de la calle, también pueden ocurrir cambios en los modos de viaje como resultado de la reducción de espacios de estacionamiento causada por la prohibición del estacionamiento en la calle. Los conductores pueden elegir caminar, andar en bicicleta o usar el transporte público. Sin embargo, los efectos del choque no son seguros en este momento.

Para el tramo A-B

Imagen 3.48 Vehículos estacionados en lugares no permitidos





Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.92 Accidentes ocurridos en el tramo A-B

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
A-B	Av. Circ. y Av. Froilan Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	13
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av Circ. y Calle Santa Cruz	17
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	13

Fuente. Elaboración propia

Datos de entrada:

- Accidentes para el segmento = 43 accidentes/año
- Tipo de vía = Segmento 2U (de dos sentidos)

Paso 1: Identificar el AMF correspondiente.

$$AMF = 0,58$$

Paso 2: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera con el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,58 \times 43 \text{ accidentes/año} = 24,94 \text{ accidentes/año}$$

Paso 3: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 43 - 24,94 = 18,06 \text{ reducción de accidentes/año}$$

Para el Tramo F-G

Imagen 3.49 Vehículos estacionados en lugares no permitidos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.93 Accidentes ocurridos en el tramo F-G

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
F-G	Calle Cbba. y Calle H. portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazon de J.	3
	Calle Cbba. y Calle Corazon de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	2
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Mendez	3

Fuente. Elaboración propia

Datos de entrada:

- Accidentes para el segmento = 8 accidentes/año
- Tipo de vía = Segmento 2U (de dos sentidos)

Paso 1: Identificar el AMF correspondiente.

$$AMF = 0,58$$

Paso 2: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera con el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,58 \times 8 \text{ accidentes/año} = 4,64 \text{ accidentes/año}$$

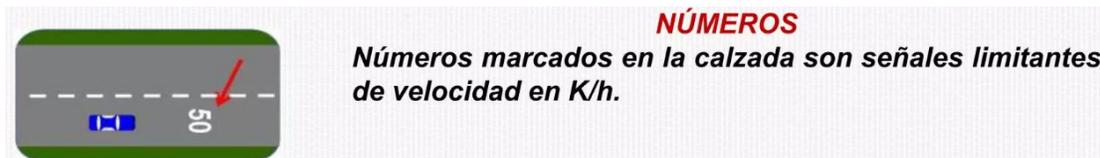
Paso 3: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

$$\text{Diferencia} = 8 - 4,64 = 3,36 \text{ reducción de accidentes/año}$$

3.13.2 Instalación de señales combinadas de alineación horizontal/velocidad

Las señales combinadas de alineación horizontal/velocidad recomendada se instalan antes de un cambio en la alineación horizontal para indicar que los conductores deben reducir la velocidad en carreteras rurales de dos carriles, autopistas rurales de varios carriles, autopistas, arterias urbanas y suburbanas.

Imagen 3.50 Señalización horizontal de velocidad



Fuente: Fuente: Educación vial

En comparación con la falta de señalización, proporcionar una combinación de señales de velocidad recomendada/alineación horizontal reduce la cantidad de todos los tipos de accidentes con lesiones.

El efecto del choque en todos los tipos de accidentes sin lesiones también se muestra en la figura, la condición básica de los AMF (es decir, la condición en la que el AMF = 1,00) es la ausencia de señalización.

Para el tramo D-E

Tabla 3.94 Accidentes ocurridos en el tramo D-E

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	8
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	8
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	8
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	9

Fuente: Elaboración propia

Datos de entrada:

- Accidentes para el segmento = 33 accidentes/año
- Tipo de vía = Segmento 2U (de dos sentidos)

Tabla 3.95 Alineación horizontal señales de advertencia de velocidad

Tratamiento	Ajuste (tipo de vía)	Volumen de tráfico	Tipo de accidente (gravedad)	AMF
Instalar combinación/horizontal alineación	Sin especificar	Sin especificar	Lesión	0,87
			Sin lesión	0,71

Fuente: Highway Safety Manual

Paso 1: Identificar el AMF correspondiente.

$$AMF = 0,87$$

Paso 2: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera sin el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,87 \times 33 \text{ accidentes/año} = 28,71 \text{ accidentes/año}$$

Paso 3: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

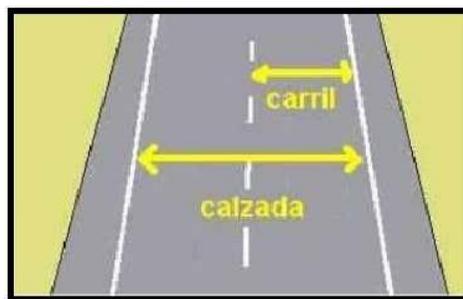
Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 30 - 28,71 = 1,29 \text{ reducción de accidentes/año}$$

3.13.3 Modificar ancho de carril

La ampliación de los carriles en las vías reduce un conjunto específico de tipos de accidentes relacionados, a saber, los accidentes de un solo vehículo que se salen de la vía y las colisiones frontales de varios vehículos, en dirección opuesta y en la misma dirección.

Imagen 3.51 Ancho de carril



Fuente: Fuente: Educación vial

El AMF se determina por separado para el ancho de carril en cada dirección de viaje y luego se promedia. La condición base de los AMF (es decir, la condición en la que el AMF = 1,00) son carriles de 12 pies.

Tabla 3.96 AMF para ancho de carril en segmentos de via de dos carriles

Ancho de carril	Circulación media anual diaria (TPDA) (Vehículos por día)		
	< 400	400 a 2000	> 2000
9 pies o menos	1,05	$1,05+2,81*10*(TPDA-400)$	1,5
10 pies	1,02	$1,02+1,75*10*(TPDA-400)$	1,3
11 pies	1,01	$1,01+2,5*10*(TPDA-400)$	1,05
12 pies o más	1	1	1

Fuente: Highway Safety Manual

Para la aplicación del AMF se utilizará la siguiente ecuación.

$$AMF = (AMF_{ra} - 1) * P_{ra} + 1$$

Dónde,

AMF = factor de modificación de accidentes para el total de accidentes

AMFra = factor de modificación del accidente para accidentes relacionados, es decir, accidentes de vehículos fuera de la carretera y choques frontales de múltiples vehículos, golpes laterales en dirección opuesta y colisiones laterales en la misma dirección.

Pra = accidentes relacionados expresados como proporción del total de accidentes

Para tramo F-G

Datos de entrada:

- Tipo de vía = Segmento 2U (de dos sentidos)
- TPDA = 5376
- Ancho de carril (pie) = 10 pies
- Accidentes para el segmento = 8 accidentes/año

Tabla 3.97 Accidentes ocurridos en el tramo F-G

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
F-G	Calle Cbba. y Calle H. portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazon de J.	3
	Calle Cbba. y Calle Corazon de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	2
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Mendez	3

Fuente. Elaboración propia

Paso 1: Identificar los AMF aplicables

- a) para todos los choques a través de ecuación
- b) Para colisiones laterales en dirección opuesta a través de Tabla.

Paso 2: Calcule el AMF para la condición existente de ancho de carril de 10 pies para choques totales

$$AMF = (1,3 - 1) * 0,10 + 1 = 1,03$$

Paso 3: Calcule el AMF para la condición propuesta Ancho de carril de 12 pies

$$AMF \text{ total} = (1-1.00) \times 0.10 + 1.00 = 1$$

Paso 4: Calcular el tratamiento (AMF Tratamiento) correspondiente al cambio en el ancho del carril para choques laterales en dirección opuesta y para todos los choques.

$$AMF \text{ tratamiento total} = 1/1,03 = 0,97$$

Paso 5: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques en la intersección sin el tratamiento.

$$N = 0,97(8 \text{ accidentes/año}) = 7,76 \text{ accidentes/año}$$

Paso 6: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado con tratamiento. Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 8 - 7,76 = \text{reducción de } 0,24 \text{ accidentes / año}$$

3.13.4 Tratamientos para calmar el tráfico con AMF

Esta sección proporciona un resumen de los tratamientos para calmar el tráfico con AMF. Una opción es Instalar lomos de velocidad: Los topes de velocidad se usan más comúnmente en caminos residenciales en entornos urbanos o suburbanos para reducir la velocidad y, en algunos casos, para reducir los volúmenes de tráfico.

Imagen 3.52 Lomos de velocidad



Fuente: Educación vial

Arterias urbanas y suburbanas

La condición básica de los AMF (es decir, la condición en la que el AMF = 1,00) es la ausencia de lomos de velocidad

Tabla 3.98 Instalación de reducción de velocidad

Tratamiento	Ajuste	Volumen de trafico	Tipo de accidente (Gravedad)	AMF
Adyacente a caminos con lomos de velocidad	Urbano / Sub Urbano	Sin especificar	Todos los tipos (Lesión)	0,95
Velocidad de instalación de jorobas	(Residencial de dos carriles)			0,6

Fuente: Highway Safety Manual

Para el tramo A-B

Imagen 3.53 Tráfico vehicular en la Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.99 Accidentes ocurridos en el tramo A-B

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	13
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	17
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	13

Fuente. Elaboración propia

Datos de entrada:

- Accidentes para el segmento = 43 accidentes/año
- Tipo de vía = Segmento 2U (de dos sentidos)

Paso 1: Identificar el AMF correspondiente.

$$AMF = 0,60$$

Paso 2: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera sin el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,60 \times 43 \text{ accidentes/año} = 25,8 \text{ accidentes/año}$$

Paso 3: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

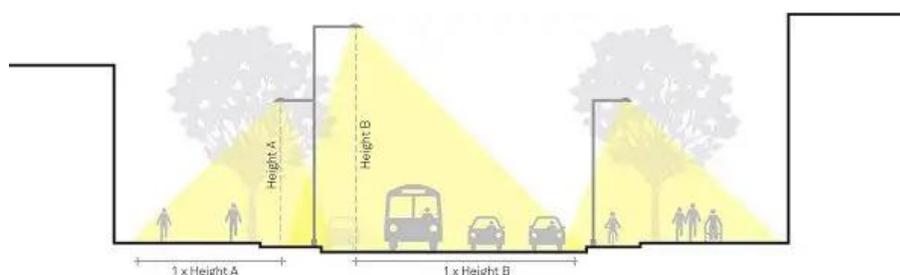
Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 43 - 25,8 = 17,2 \text{ reducción de accidentes/año}$$

3.13.5 Efectos de choque del alumbrado en vías

La iluminación artificial, también conocida como iluminación, a menudo se proporciona en segmentos de carreteras en áreas urbanas y suburbanas, la iluminación también se proporciona a menudo en lugares rurales donde los usuarios de la carretera pueden necesitar tomar una decisión.

Imagen 3.54 Alumbrado en vías



Fuente: Educación vial

Los efectos de colisión de proporcionar iluminación vial en segmentos viales que anteriormente no tenían iluminación se muestran a continuación, la condición base de los AMF (es decir, la condición en la que el AMF = 1,00) es la ausencia de iluminación.

Tabla 3.100 Posibles efectos de colisión al proporcionar iluminación

Tratamiento	Ajuste (tipo de vía)	Volumen de tráfico	Tipo de accidente (Gravedad)	AMF
Proporcionar carretera encendido	Todos los ajustes (Todos los tipos)	Sin especificar	Todos los tipos (Noche lesión)	0,72
			Todos los tipos (Noche sin lesión)	0,83
			Todos los tipos (Noche lesión)	0,71
			Todos los tipos (Todos los grados)	0,8

Fuente: Highway Safety Manual

Para el tramo F-G

Imagen 3.55 Iluminación en el tramo C-D



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.101 Accidentes ocurridos en el tramo F-G

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	3
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	2
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	3

Fuente: Elaboración propia

Datos de entrada:

- Accidentes para el segmento = 8 accidentes/año
- Tipo de vía = Segmento 2U (de dos sentidos)

Paso 1: Identificar el AMF correspondiente.

$$AMF = 0,72$$

Paso 2: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera sin el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,72 \times 10 \text{ accidentes/año} = 7,2 \text{ accidentes/año}$$

Paso 3: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 8 - 7,2 = 0,8 \text{ reducción de accidentes/año}$$

Para el tramo D-E

Imagen 3.56 Iluminación en la Av. Panamericana y Av. Víctor Paz



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.102 Accidentes ocurridos en el tramo D-E

Tramo	Sub-tramos	N predictivo
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	8
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	8
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	8
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	9

Fuente. Elaboración propia

Datos de entrada:

- Accidentes para el segmento = 33 accidentes/año
- Tipo de vía = Segmento 2U (de dos sentidos)

Paso 1: Identificar el AMF correspondiente.

$$AMF = 0,72$$

Paso 2: Aplicar el tratamiento AMF (AMF Tratamiento) al número esperado de choques a lo largo del segmento de carretera sin el tratamiento

$$N \text{ total} = 0,72 \times 33 \text{ accidentes/año} = 23,76 \text{ accidentes/año}$$

Paso 3: Calcule la diferencia entre el número esperado de accidentes sin tratamiento y el número esperado de accidentes con tratamiento.

Cambio en la frecuencia promedio esperada de choques:

$$\text{Diferencia} = 33 - 23,76 = 9,24 \text{ reducción de accidentes/año}$$

3.13.6 Tratamientos recomendados por el manual HSM sin aplicación de AMF

Proporcionar una acera

Los choques de peatones “caminando a lo largo de la calzada” tienden a ocurrir en la noche donde no existen aceras. Se cree que los límites de velocidad más altos y los volúmenes de tráfico más altos aumentan el riesgo de choques de peatones “caminando a lo largo de la calzada” en calzadas sin acera.

Instalar cruces peatonales elevados

Los cruces peatonales elevados se aplican con mayor frecuencia en calles urbanas locales de dos carriles en áreas residenciales o comerciales. Los cruces peatonales elevados se pueden aplicar en las intersecciones o a la mitad de la cuadra. Los cruces peatonales elevados son uno de los muchos tratamientos para calmar el tráfico.

Usar marcas de cruce peatonal

Las marcas de paso de peatones pueden consistir en marcas de cebra, marcas de escalera o barras paralelas simples. No parece haber una diferencia estadísticamente significativa en el riesgo de choque de peatones entre las marcas de cruce de peatones alternativas disponibles. Los cruces de cebra señalizados permiten el flujo fluido del tráfico vehicular en áreas de gran actividad peatonal. Tanto los ingenieros de tránsito como el público parecen sentir que los cruces de cebra reducen el riesgo para los peatones porque los conductores están controlados por señales.

Instalar islas de refugio para peatones o divididos

Las islas elevadas de refugio para peatones pueden ubicarse en el centro de caminos que tienen 52 pies de ancho. Las islas tienen aproximadamente 6 pies de ancho y 36 pies de largo. Las señales de advertencia para peatones alertan a los conductores que se acercan a la isla. Los marcadores de la isla final proporcionan más orientación y los carteles de la derecha se mantienen en ambos extremos de la isla. Se advierte a los peatones que usan las islas con letreros de "Espere el espacio" y "Cruce aquí". Los peatones no tienen el derecho de paso legal

Proporcionar carriles exclusivos para bicicletas

Proporcionar carriles exclusivos para bicicletas en áreas urbanas parece reducir los choques de bicicletas y vehículos motorizados y los choques totales en segmentos de carreteras, sin embargo, la magnitud del efecto del choque no es segura en este momento.

3.14 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El presupuesto de alternativas de solución se lo realizo a través del Generador de precios de CYPE que es una herramienta informática capaz de obtener precios para proyectos de edificación de nueva planta, proyectos de edificación de rehabilitación y proyectos de espacios públicos urbanos. Además del presupuesto, facilita información útil para la elaboración de la documentación del proyecto (pliegos de condiciones, residuos generados, energía incorporada, emisiones de CO2 y seguridad y salud). Incluye productos de fabricantes y productos genéricos.

El sistema multiparamétrico del Generador de precios de CYPE permite al usuario obtener fácilmente precios para los tipos de proyecto indicados. Todos estos tipos de proyectos tienen factores característicos (algunos comunes y otros diferentes), que una vez seleccionados por el usuario permiten obtener unidades de obra con una previsión de costes ajustada a la realidad del mercado de Bolivia.

Se realizo precios unitarios de manera general para implementaciones sugeridas por el presente proyecto como ser: iluminación, señalizaciones verticales y horizontales, reductores de velocidad, pero no así para prohibir el estacionamiento ya que ello solo requiere el trabajo de personal contratados por autoridades del estado.

No se tomó en cuenta el cargo por utilidad, ya que es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo y será fijado por el propio contratista.

Tabla 3.103 Análisis de precios de señalización vertical

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DATOS GENERALES					
Proyecto :	MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CIUDAD DE TARIJA				
Actividad :	SEÑAL VERTICAL DE TRÁFICO DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR DE 60 CM DE DIAMETRO				
Cantidad :	1,00				
Unidad :	PZA				
Moneda :	BOLIVIANOS				
1. MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Señal vertical de trafico de acero galvanizado, circular de 60 cm de diametro, con retrorreflectancia, incluso accesorios, tornilleria y elementos de anclaje.	ud	1,00	446,64	446,64
TOTAL MATERIALES					446,64
2. MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Especialista de contruccion de obra civil	hr	0,19	48,84	9,08
	Ayudante de contrucción de obra civil	hr	0,186	36,49	6,79
TOTAL MANO DE OBRA					15,87
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	levadora de brazo articulado de 16 m de altura		0,187	138,72	25,94
*	HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)			0,00%	0,00
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					25,94
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
					COSTO TOTAL
*	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3				2,00%
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					9,77
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4)					498,22

Fuente. Elaboración propia

Tabla 3.104 Análisis de precios de señalización vertical

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DATOS GENERALES					
Proyecto :	MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CIUDAD DE TARIJA				
Actividad :	CARTEL DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE TRAFICO DE LAMAS DE ACEERO GALVANIZADO				
Cantidad :	1,00				
Unidad :	GLB				
Moneda :	BOLIVIANOS				
1. MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Cartel de señalizacion vertical de trafico de lamas de acero galvanizado, con retroreflectancia , incluido accesorios, tornilleria y elementos de anclaje	m2	1,00	584,23	584,23
TOTAL MATERIALES					584,23
2. MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Especialista de construcción de obra civil	hr	0,25	48,84	12,06
2	Ayudante de construcción de obra civil	hr	0,25	36,49	9,12
TOTAL MANO DE OBRA					21,19
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Camión con cesta elevadora de brazo articulado de 16 m de altura max y 260 kg de carga maxima	hr	0,22	138,72	30,52
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					30,52
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
					COSTO TOTAL
1	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3				2,00%
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					12,72
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4)					648,65

Fuente. Elaboración propia

Tabla 3.105 Análisis de precios para luminaria

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DATOS GENERALES					
Proyecto :	MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CIUDAD DE TARIJA				
Actividad :	FAROLA DE LUZ CON COLUMNA METALICA				
Cantidad :	1,00				
Unidad :	PZA				
Moneda :	BOLIVIANOS				
1. MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Hormigon simple H21, tamaño maximo del agregado 10 milimetros, consistencia plastica con un asentamiento de 10 a 15cm.	m3	0,25	821,14	208,57
2	farola , modelo rama "SANTA & COLE", de 4700mm de altura, compuesta por columna cilindrica galvanizado pintado	Ud	1,00	13.031,36	13.031,36
3	lampara fluorecente compacta de 57W	Ud	1,00	176,02	176,02
TOTAL MATERIALES					13.415,95
2. MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	especialista de construccion	hr	0,37	48,84	18,12
2	ayudante de construccion	hr	0,25	53,13	13,12
3	especialista electricista	hr	0,618	50,18	31,01
4	ayudante de electricista	hr	0,618	36,41	22,50
TOTAL MANO DE OBRA					62,25
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	brazo articulado de 16m de altura maxima de tr	hr	0,220	138,72	30,52
2	HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)			0,00%	0,00
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					30,52
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
					COSTO TOTAL
1	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3				1,00%
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					135,09
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4)					13.643,81

Fuente. Elaboración propia

Tabla 3.106 Análisis de precios de señalización horizontal

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DATOS GENERALES					
Proyecto :	MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CIUDAD DE TARIJA				
Actividad :	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				
Cantidad :	1,00				
Unidad :	GLB				
Moneda :	BOLIVIANOS				
1. MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Pintura plastica para exterior, a base de recin	l	0,11	114,99	13,11
2	micro esferes de vidrio	kg	0,076	13,68	1,04
TOTAL MATERIALES					14,15
2. MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Especialista de construccion de obra civil	hr	0,02	48,84	1,03
2	Ayudante de construccion de obra civil	hr	0,110	36,49	4,01
TOTAL MANO DE OBRA					5,04
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	barredora remolcada coon motor auxiliar	hr	0,001	89,90	0,09
2	viales sobre la calzada	hr	0,001	292,35	0,29
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					0,38
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
					COSTO TOTAL
1	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3				2,00%
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					0,39
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4)					19,96

Fuente. Elaboración propia

Tabla 3.107 Análisis de precios de reductor de velocidad

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DATOS GENERALES					
Proyecto :	MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CIUDAD DE TARIJA				
Actividad :	PROVICION Y COLOCACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD				
Cantidad :	1,00				
Unidad :	GLB				
Moneda :	BOLIVIANOS				
1. MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Tachas	pza	1,00	16,50	16,50
2	pegamento bituminoso	kg	0,20	32,48	6,50
TOTAL MATERIALES					23,00
2. MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	ayudante	hr	0,16	13,94	2,23
TOTAL MANO DE OBRA					2,23
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	camioneta	hr	0,110	80,00	8,80
2	maquina calentador de pegamento	hr	0,350	120,00	42,00
*	HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)			0,00%	0,00
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					50,80
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
					COSTO TOTAL
*	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3				2,00%
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					1,52
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4)					87,94

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO IV
EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 EL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL (HSM, 2010) EN SU PARTE C

Este manual proporciona un método predictivo para calcular la frecuencia prevista de accidentes de tránsito en una red vial, o un sitio individual. La predicción del número de accidentes, en función de estudios de tráfico y de las características de la calzada, puede utilizarse para tomar decisiones relacionadas con el diseño, la planificación, el funcionamiento y el mantenimiento de las redes viales. El enfoque es aplicable tanto para estudios específicos de seguridad como ajustar el método a cualquier jurisdicción. Bajo este enfoque, el factor de calibración de accidentes (Cr) considera las condiciones geográficas de los sitios en estudio, las condiciones del diseño geométrico, los conductores y los registros de accidentes de los lugares en los cuales se realiza la calibración. Cabe mencionarse que un Cr menor a 1 significa que la cantidad de accidentes observados es menor a la cantidad predicha por la fórmula.

Es importante tener en cuenta que, la metodología de trabajo que propone el Highway Safety Manual (HSM, 2010), sugiere que para obtener un valor de Cr se utilice una muestra de 30 a 50 sitios, los cuales deben sumar 100 accidentes por año como mínimo sin tomar en cuenta su severidad, y a pesar de que indica que no hay una longitud mínima del segmento, al dividir la instalación en pequeñas secciones homogéneas, se recomienda mantener la longitud mínima del segmento de carretera como 0,10 millas, o cuando cambie una de las siguientes variables: porcentaje diario de volumen de tráfico, ancho de carril, ancho de arcén, tipo de arcén, densidad de accesos, o peligrosidad de las zonas laterales de la vía.

Es así, que bajo estas consideraciones se realizaron los respectivos cálculos obteniendo los resultados que se presentan a continuación.

4.1.1 Factores de calibración

Tabla 4.1 Cálculo del coeficiente Cr para segmentos de dos sentidos

Calibración de Cr para segmentos						
Tramo	Sub-tramos	Cr	Nspf	N predictivo	N observados	Cr
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1,00	13	13	13	0,94
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1,00	16	17	15	0,88
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,99	13	13	10	0,76
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1,00	6	7	6	0,79
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1,00	4	5	4	0,77
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1,00	8	8	8	1,01
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1,00	8	8	7	0,96
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1,00	8	8	8	0,94
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	1,00	9	9	9	1,03
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	1,03	3	3	4	1,20
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1,01	2	2	2	0,93
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,94	3	3	2	0,52
					Promedio	0,89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2 Cálculo del coeficiente Ci para intersecciones de dos sentidos

Tramos	Sub-tramos	Ci	Nspf	N predictivo	N observado	Ci
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1	22	16,67	15,00	0,90
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1	22	16,77	20,00	1,19
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	1	22	16,61	13,00	0,78
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1	8	6,34	7,40	1,17
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1	8	6,36	7,80	1,23
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1	12	9,98	11,20	1,12
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1	12	9,97	10,80	1,08
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1	12	9,95	10,20	1,02
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	1	12	10,04	13,80	1,37
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	1	4	3,59	7,00	1,95
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1	4	3,51	4,60	1,31
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1	4	3,30	2,40	0,73
					Promedio	1,16

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del factor de calibración (Cr) de las Tablas 3.82 Y 3.84 se usaron la sumatoria del número de accidentes observados reales y la sumatoria del número de accidentes esperados.

En la Tabla 3.82 se muestra el resumen de las sumatorias del número de accidentes observados y accidentes esperados para segmentos, así como los factores de calibración obtenidos para cada tramo y sub tramo de estudio, para las vías urbanas, los mismos que oscilan entre 0,52 a 1,20, con un valor promedio de 0,89 y un intervalo de confianza de $\pm 0,01$ (99,32% de confiabilidad).

En la Tabla 3.84 se muestran las sumatorias del número de accidentes observados y accidentes esperados, así como los factores de calibración obtenidos para cada zona urbana en intersecciones, los mismos que oscilan entre 0,73 a 1,95 con un valor medio de 1,16 con un intervalo de confianza de $\pm 0,008$. (99,92% de confiabilidad).

El valor de Calibración aplicado a nuestro medio, obtenido mediante el cálculo para la verificación, si cumple con lo estipulado de mantener condiciones base de Cr cercanas a 1 se cumple mediante la realización de ciertos pasos a través del número de accidentes predicho y observados.

4.1.2 Factor de modificación de accidentes (amf)

Tabla 4.3 Factores que modifican accidentes en segmentos

Factores que modifican el accidente segmentos para vías urbanas (2U)							
Tramo	Sub-tramos	AMF1r	AMF2r	AMF3r	AMF4r	AMF5r	AMF total
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	1,09	1,07	0,99	0,93	1,00	1,07
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	1,09	1,07	0,99	0,93	1,00	1,07
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	1,09	1,07	0,99	0,93	1,00	1,07
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	1,12	1,19	1,02	0,93	1,00	1,26
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	1,12	1,19	1,02	0,93	1,00	1,26
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	1,08	1,00	0,99	0,93	1,00	1,00
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de J.	1,06	1,17	1,02	0,93	1,00	1,17
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	1,06	1,17	1,02	0,93	1,00	1,17
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	1,06	1,17	1,02	0,93	1,00	1,17
	Promedio						1,10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 Factores que modifican accidentes en intersecciones

Factores que modifican el accidente la intersección para vías urbanas (2U)								
Tramos	Sub-tramos	AMF1i	AMF2i	AMF3i	AMF4i	AMF5i	AMFi	AMF Total
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,05	0,78
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,05	0,78
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,05	0,78
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	0,93	0,99	0,96	0,98	0,90	1,06	0,83
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	0,93	0,99	0,96	0,98	0,90	1,06	0,83
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán	0,93	1,00	0,96	0,98	0,90	1,04	0,82
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,04	0,78
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,04	0,78
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	0,93	0,94	0,96	0,98	0,91	1,04	0,78
	Promedio							0,80

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 3.67 los factores que modifican accidentes de la vía en segmentos ya sea estacionamientos, anchos del medio, distancia a objetos fijos, iluminación, etc. Se obtuvo un AMFs = 1,10, esto quiere decir que existe un aumento de accidentes en la vía en un 11% más de lo observado. En la tabla 3.80 se evidencian los factores que modifican accidentes de la vía ya sea señalizaciones, giros de la vía, cámaras de velocidad, iluminaciones, etc. Por lo que se obtiene AMFi = 0,80, lo que quiere decir un decremento de accidentes en la vía en un 20% menos de lo observado.

Influencia de factores en cada uno de los tramos en estudio

Tramo A-B.- Es el tramo con mayor número de accidentes, el AMFi más influyente es el que está relacionado con las colisiones frontales y traseras, esto se debe a que en esta avenida circula vehículos pesados en el mismo carril que los vehículos livianos y el AMFr relevante en este tramo es el estacionamiento en la calle. Actualmente los vehículos debido a que es una avenida comercial estacionan donde les conviene.

Tramo C-D.- Este tramo el factor que más afecta al número de accidentes es el AMFr de objetos fijos en la calle, los accidentes más probables de una lesión o muerte, es el choque de vehículos contra árboles y postes. También se debe recalcar que el estacionamiento

diagonal es más problemático que el estacionamiento paralelo, de acuerdo a la normativa HSM.

Tramo D-E.- Este es el segundo tramo con mayor número de accidentes, el AMFr más relevante es el de control de velocidad automatizada, los usuarios de la zona aseguran que es complicado cruzar la calle en esta avenida, debido a que en el momento menos pensado aparecen vehículos con exceso de velocidad, otro AMFr es el de estacionamiento permitido, este tramo presenta 4 estacionamientos diagonales. Por último, el AMFi relacionado con la iluminación, ya que varias intersecciones de este tramo no presentan iluminación.

Tramo F-G.- El factor más influyente en este tramo es el AMFr de ancho de carril, esta calle es muy antigua y se encuentra mal diseñada las aceras y los carriles son muy angostos sumado a esto la costumbre que existe de estacionar en lugares no permitidos.

4.1.3 Accidentes totales para los tramos en estudio.

El análisis del presente estudio se realizará por tramos de acuerdo a los resultados obtenidos sobre los tramos de estudio que se realizaron en el presente trabajo teniendo en cuenta las tablas generales que se encuentran a lo largo de este capítulo, donde se podrá ver el cálculo de estimación de accidentes por tramos y a la vez sub tramos de los puntos más críticos.

Tabla 4.5 Número de accidentes totales para los tramos en estudio

Número de accidentes totales para 5 años de estudio			
Tramos	Sub-Tramos	N predictivo	N observado
A-B	Av. Circ. y Av. Froilán Tejerina - Av. Circ. y Calle Mejillones	30	28
	Av. Circ. y Calle Mejillones - Av. Circ. y Calle Santa Cruz	34	35
	Av. Circ. y Calle Santa Cruz - Av. Circ. y Av. Gran Chaco	30	23
Total		94	86
C-D	Av. La Paz y Av. Circunvalación - Av. La Paz y Ingavi	14	13
	Av. La Paz y Calle Ingavi - Av. La Paz y Av. Jaime Paz	12	12
Total		25	25
D-E	Av. Jaime Paz Y Av. La paz - Av. Víctor Paz y Calle Méndez	18	19
	Av. Víctor Paz y Calle Méndez - Av. Víctor Paz y calle Ballivián	18	18
	Av. Víctor Paz y Calle Ballivián - Av. Panamericana y Calle D. Paz	18	18
	Av. Panamericana y Calle D. Paz - Av. Panamericana y Av. Froilán T.	19	23
Total		73	78
F-G	Calle Cbba. y Calle H. Portocarrero - Calle Cbba. y Calle Corazón de	7	11
	Calle Cbba. y Calle Corazón de J.- Calle Cbba. y Calle Campero	6	7
	Calle Cbba. y Calle Campero - Calle Cbba. y Calle Méndez	7	4
Total		20	22
Promedio		53	53
suma		212	211

Fuente: Elaboración propia

Tramo A-B.- Después de realizar el análisis de accidentes con el método HSM, para vías urbanas del tipo (2U), se obtuvo 44 accidentes ocurridos en segmentos, y 50 accidentes en intersecciones, en total en el tramo A-B se obtuvo un número predictivo de 94 accidentes/año, comparando con el número de accidentes observados que es de 86 accidentes/año, como se puede observar en la tabla 3.85. Existe una diferencia de 8 accidentes.

Tramo C-D.- Después de realizar el análisis de accidentes con el método HSM, en tipo de vía (2U) se obtuvo 13 accidentes ocurridos en segmentos y 13 accidentes en intersecciones, en total en el tramo C-D se obtuvo un número predictivo de 25 accidentes/año, comparando con el número de accidentes observados que es de 25 accidentes/año, como se muestra en la tabla 3.85, existe una igualdad en accidentes por la calibración de los módulos de accidentes.

Para el tramo D-E.- Después de realizar el análisis de accidentes con el método HSM para tipo de vía (2U) se obtuvo 33 accidentes ocurridos en segmentos y 40 accidentes en intersecciones, en total en el tramo D-E existió un número predictivo de 73 accidentes/año, comparando con el número de accidentes observados que es de 78 accidentes/año, como se puede ver en la tabla 3.85, se aprecia que no hay una igualdad, existe una variación de 5 accidentes/año.

Para el tramo F-G.- Después de realizar el análisis de accidentes con el método HSM, para tipo de vía (2U) se obtuvo 9 accidentes ocurridos en segmentos y 11 accidentes en intersecciones en total en el tramo F-G existió un número predictivo de 20 accidentes/año, comparando con el número de accidentes observados que es de 22 accidentes/año, como se puede ver en la tabla 3.85, se aprecia que hay una diferencia de 2 accidentes/año.

Tabla 4.6 Resultados obtenidos en los tramos de estudio

Número de accidentes totales para 5 años de estudio	N predictivo	N observado
Total de accidentes promedio para los 5 años de estudio	54,5	52,85
Total de accidentes para los 5 años de estudio	218	211,4
% de aproximación	96,88%	
% de error de estimación	3,12%	

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos se demuestra que existe una relación de accidentes reales que son los observados y los accidentes predictivos, Como se puede observar en la tabla 3.86 el % de aproximación es del 96,86 % y un % de error de 3,12% el cual es un buen porcentaje de estimación de valores, las variaciones presentes son debido a que el HSM proporciona un método predictivo que solo se basa en estadísticas, por lo cual las probabilidades infieren en los resultados, también hay que recalcar que el manual no toma en cuenta un factor de accidentes ocurridos si el conductor está en estado de ebriedad y está comprobado que muchos de los accidentes ocurren por este motivo.

4.1.4 El Manual de Seguridad Vial (HSM, 2010) en su parte D

En este capítulo se encuentran los modelos de predicción para condiciones base establecidas. Los CMFs (Crash modification factors) cuantifican el cambio en la frecuencia de accidente promedio esperado como resultado de modificaciones geométricas y operacionales al sitio que difieren de las condiciones base establecidas. La Parte D proporciona un catálogo de tratamientos organizados por tipo de sitio.

Tramo A-B.- El número predictivo de accidentes para este tramo fue de 43 accidentes/año. Se le aplicó el tratamiento con AMFr de prohibir el estacionamiento en la calle, ya que los conductores acostumbran estacionar en lugares no permitidos sobre todo en sectores comerciales, este hecho reduce el espacio de circulación, existe una complejidad en maniobras y falta de visibilidad que genera riesgo de accidentes tanto para peatones y conductores. Aplicando el tratamiento se obtuvo 24,94 accidentes/año, reduciendo así 10,06 accidentes/año.

También se realizó el tratamiento para calmar el tráfico con AMFr, aplicando lomos de velocidad, dado que en este tramo circulan vehículos livianos y pesados a velocidades elevadas, poniendo en riesgo la vida de las personas. Obteniendo como resultado 25,8 accidentes/año, por lo que se redujo 17,2 accidentes/año.

Tramo C-D.- El número predictivo de accidentes para este tramo fue de 12 accidentes/año, al cual se le aplicó el tratamiento de Conversión del estacionamiento en ángulo en estacionamiento en paralelo, debido a que el estacionamiento angular es mucho más problemático que el paralelo, pero solo al sub tramo 1 del tramo C-D que es donde se encuentran los estacionamientos angulares, el cual cuenta con 7 accidentes/año, y se obtuvo, gracias al tratamiento 5,04 accidentes/año, por lo que se reduce la cantidad de accidentes en 2,96 accidentes/año.

Para el tramo D-E.- El número predictivo de accidentes para este tramo fue de 33 accidentes/año, al cual se le aplicó el tratamiento de Conversión del estacionamiento en ángulo en estacionamiento en paralelo, obteniendo un total de 25,08 accidentes/año, por lo que se reduce la cantidad de accidentes en 7,92 accidentes/año.

También se le aplico el tratamiento de instalación de señales combinadas de alineación horizontal/velocidad, debido a la velocidad elevada con la que circulan los vehículos en este tramo, esta conducta pone nuestra vida en peligro y la de los demás, especialmente si estamos en vías urbanas donde no sólo transitan conductores de vehículos motorizados; sino también personas que van a pie o en bici, para quienes, en caso de un siniestro sus efectos pueden ser fatales. Se obtuvo 28,71 accidentes/año, reduciendo así una cantidad de 1,29 accidentes/año.

Por último, a este tramo se le aplico el tratamiento de efectos de choque del alumbrado en vías, ya que esta vía no cuenta con la iluminación correspondiente, obteniendo un total de 23,76 accidentes/año, reduciendo una cantidad de 9,24 accidentes/año.

Para el tramo F-G.- El número predictivo de accidentes para este tramo fue de 8 accidentes/año en segmentos, al cual se le aplico el tratamiento con AMFr de prohibir el estacionamiento en la calle, obteniendo así 4,64 accidentes/año, reduciendo 3,36 accidentes/año. Debido a que este tramo cuenta con una calzada angosta y por ende los carriles de igual modo, se le aplico el tratamiento de modificación de ancho de carril de 10 pies a 12 pies de longitud, obteniendo una cantidad de 7,76 accidentes/año, por lo que se redujo 0,24 accidentes/año.

Por último, a este tramo se le aplico el tratamiento de efectos de choque del alumbrado en vías, por lo que varios sectores no cuentan con la iluminación correspondiente, obteniendo un total de 7,2 accidentes/año, reduciendo una cantidad de 2,8 accidentes/año.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Los resultados de este proyecto demuestran muchos aspectos importantes de la calibración propuesta en el Highway Safety Manual (HSM, 2010). En primer lugar, fue importante realizar una comprensión profunda tanto de los datos que requiere el manual como de los datos disponibles en las vías en estudio, una vez traducido y estudiado la parte C del manual que corresponde al método predictivo y la parte D que corresponde a factores de modificación de choque, se logró aplicar satisfactoriamente el procedimiento a vías urbanas de la ciudad de Tarija.

Se identificó las áreas de estudio en base a los datos proporcionados por el comando departamental de policía de la ciudad de Tarija, con dichos datos se ubicó zonas con mayor riesgo de accidentes, y se concluye en 4 tramos que corresponden a:

- Tramo A-B: Av. Circunvalación y Froilán Tejerina hasta la Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco, el cual se dividió en 3 sub tramos para un mejor estudio.
- Tramo C.D: Av. La Paz Y Circunvalación hasta la Av. La Paz y Av. Víctor Paz, el cual se dividió en 2 sub tramos para un mejor estudio.
- Tramo D-E: Av. Víctor Paz y Av. La Paz hasta la Av. Panamericana y Av. Froilán Tejerina, el cual se dividió en 4 sub tramos para un mejor estudio.
- Tramo F-G Calle Cochabamba y Calle Humberto Portocarrero hasta la Calle Cochabamba y Calle Méndez, el cual se dividió en 3 sub tramos para un mejor estudio.

Para realizar el procedimiento del método predictivo se clasificó los accidentes ocurridos tanto para intersecciones y segmentos, En base a resultados obtenidos se concluye que la mayor parte de accidentes ocurren en intersecciones que en segmentos, un 20 % más de ocurrencia. También se realizó un estudio estadístico para conocer la frecuencia de accidentes tanto en cantidad como en severidad en los tramos de estudio, del cual se puede

concluir: que la mayor parte de los accidentes son leves, ocurren en el día, de forma frontal, predominan los accidentes de vehículo a vehículo y existe una relación similar en cantidad de accidentes en intersecciones y segmentos.

Se realizó un diagnóstico en cada uno de los tramos en estudio para conocer a fondo las condiciones de accidentabilidad que existe, también se realizó un estudio de tráfico y por último una toma de datos de la geometría para la obtención de datos que requiere el método predictivo y para la toma de decisiones al momento de implementar acciones que mejoren la vía.

- En el tramo A-B se puede concluir que la calle requiere un mantenimiento debido a su mal estado, presenta baches, huecos, bordillos destrozados, desniveles que pueden ocasionar que el conductor pierda el control, por otro lado, este tramo cuenta con iluminación, semaforización, señalizaciones horizontales y verticales, se calculó un promedio de 1160 vehículos/hora que circulan a una velocidad aproximada de 21,67 metros/segundo, como se trata de avenidas muy transitadas es constante los sucesos de accidentes de tránsito, sobre todo porque es una avenida por donde circula constantemente el transporte pesado, después de haber entrevistado a los vecinos, en su mayoría comentan que es un problema cruzar esta avenida debido al ancho que esta presenta.
- En el tramo C-D se puede concluir que en esta zona comercial existe mucho tráfico vehicular se calculó un promedio de 914 vehículos/hora que circulan a una velocidad aproximada de 21,05 m/s, estas intersecciones en su mayoría cuentan con semáforos, señalizaciones adecuadas, y las calles se encuentran en un estado regular, los vecinos afirman que solo en las horas pico se convierte en una avenida peligrosa, sobre todo los días sábados, debido a la feria del barrio Fátima.
- En el tramo D-E se puede concluir que es una avenida que se encuentra en buen estado, con señalizaciones verticales en todas sus intersecciones, tiene semáforos y tiene iluminación, sin embargo, es una de las avenidas donde se reporta mayor número de accidentes debido al número de vehículos que transitan y la velocidad a la que se transportan los vehículos, se registró 1017 vehículos/hora y una velocidad

aproximada de 28,07 metros/segundo, los vecinos aseguran que años antes era más complicado cruzar esta avenida ya que no se contaba con pasarelas y semaforizaciones.

- En el tramo F-G Se puede concluir que se trata de una de las calles más antiguas de la ciudad de Tarija, la cual no ha sido modificada y en la actualidad es un problema que esta sea angosta, a pesar de esto los autos estacionan en lugares no permitidos lo que provoca un caos vehicular, se calculó 806 vehículos/hora a una velocidad aproximada de 16,44 metros/segundo, la velocidad es baja debido al tráfico vehicular que se presenta sobre todo en las horas pico.

Una vez obtenidos los datos se realizó la calibración de módulos de accidentes y su aplicación de la formula general a los segmentos e intersecciones de la ciudad de Tarija:

- Calibración a segmentos: se obtuvo una buena correlación de datos para su calibración del módulo de accidentes: en segmento se inició con 20 datos, pero se realizó una depuración de 5 datos, por lo que se trabajó con 15 datos de entrada y se obtuvo un 98 % de correlación, se obtuvo un buen ajuste de curva con la desviación estándar, esta calibración no solo sirve para estos tramos sino también para tramos que tengan las mismas características de la zona de estudio. Para la calibración del factor geográfico local de la zona se obtuvo como resultado para segmentos de tipo de vía de dos sentidos un $Cr = 0,89$ es un valor menor a 1, esto quiere decir que se reduce la frecuencia esperada de los choques.
- Calibración a Intersección: se contaba con 20 datos y se depuro 5 datos, obteniendo así un 97% de correlación de módulo de accidentes para un tipo de vía de doble sentido (2U), Para las intersecciones se obtuvo un $Ci = 1,16$ es un valor mayor a 1 por lo que se puede decir que aumenta la frecuencia esperada de choques.

Aplicando el HSM en las vías en estudio, se obtuvo un $AFMs = 1,10$, esto quiere decir que existe un aumento de accidentes en segmentos de la vía en un 11% más de lo observado y un $AMFi = 0,80$, lo que quiere decir un decremento de accidentes en intersecciones de la vía en un 20% menos de lo observado. El número de accidentes

promedio observados es de 53 accidentes/año y el promedio de accidentes predictivos es de 53 accidentes/año. Por lo tanto, después de realizar el análisis de la metodología del HSM ajustándolo a las condiciones locales de la ciudad de Tarija, se logró determinar Indicadores de seguridad vial obteniéndose valores coherentes, evidenciando una correlación entre el modelo y lo observado.

En base a resultados obtenidos para cada uno de los tramos en estudio y con el objetivo de mejorar la seguridad vial en la ciudad de Tarija, se realizó tratamientos correspondientes donde, se logró disminuir la cantidad de accidentes con ayuda de los AMF de tratamiento proporcionado por la parte D del manual HSM.

- El tramo A-B redujo de 43 accidentes/año hasta 25 accidentes/año prohibiendo estacionamientos en la calle, una forma seria aplicar sanciones a conductores que no respetan las normativas, también se propone la implementación de lomos de velocidad para calmar el tráfico debido a la cantidad de vehículos que circulan por este tramo.
- El tramo C-D redujo de 12 accidentes/año hasta 5 accidentes/año con la propuesta de modificar el tipo de estacionamientos con los que cuenta este tramo, ya que convertir el estacionamiento en ángulo en estacionamiento en paralelo reduce la cantidad de espacios de estacionamiento, pero aumenta la línea de visión para los conductores que salen de la posición de estacionamiento y reduce el tiempo de zigzag.
- El tramo D-E redujo desde 33 accidentes/año hasta 24 accidentes/año implementando señalizaciones horizontales de velocidad o un control de velocidad automatizada, ya que la velocidad con la que circulan los vehículos en este tramo es elevada. también se propone el cambio de estacionamiento angular a estacionamientos paralelos, que son los que menos conflicto provocan y por último colocar alumbrado a todas las intersecciones para evitar la cantidad de accidentes que ocurren en la noche.
- El tramo F-G se redujo de 8 accidentes/año hasta 5 accidentes/año proponiendo la acción de aumenta el ancho de carril que solo sería posible con una reubicación de viviendas lo que es casi imposible, por otra parte, se propone implementar

iluminación en todas las intersecciones que no cuentan con el alumbrado correspondiente.

Por último, se puede decir que la metodología propuesta por el Highway Safety Manual (HSM, 2010) es una herramienta decisiva que aporta un procedimiento que permite cuantificar la seguridad vial destinada a los responsables de la planificación, el diseño, la construcción y mantenimiento de carreteras.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de la metodología del Highway Safety Manual (HSM, 2010) en las instituciones dedicadas a la planificación vial, debido a que provee una nueva perspectiva para afrontar los problemas de seguridad vial al facilitar criterios objetivos para la toma de decisiones, ya que la predicción de los accidentes de tránsito determina las zonas con mayor riesgo de accidentes a lo largo de una carretera. Esta información puede ser utilizada para proponer medidas correctoras en el diseño de la carretera o de prevención durante su operación.

Se sugiere que se aplique esta metodología en otros sectores ya sea de la provincia o del país. Cabe recalcar que el éxito de la repetición de esta investigación a otros lugares, dependerá en gran medida de la existencia de una base de datos con la información necesaria para la calibración.

Es recomendable implementar campañas de seguridad vial desde edades tempranas, siendo un proceso permanente de aprendizaje, instrucción que incluya estrategias de prevención, normas legales y políticas de precaución. Donde cada una de ellas tenga un gran impacto en la sociedad, concientizar a las nuevas generaciones de que la cultura vial va de la mano de la educación.