



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



PREDICCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO APLICANDO EL
MANUAL HSM 2010 EN LA CARRETERA PUNO – ILAVE

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ALCIDES MAMANI COAQUIRA

Bach. FABIAN ROSSNY PONCE MENDOZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a dios y luego a mis padres por guiarme en este camino corto de la vida, por las enseñanzas brindadas y por haber forjado en mi ese carácter de perseverancia bajo los principios de la humildad y coraje para afrontar las adversidades.

ALCIDES



DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor y bendición, por protegerme durante todo mi camino, gracias por mi familia y mis seres queridos.

A mi madre Felicia Mendoza, mi padre Mariano Ponce, por su inmenso amor y estar siempre presentes en cada momento, a mis hermanos y amigos incondicionales por su increíble apoyo y confianza en mí.

FABIAN R.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ciencias Agrarias por habernos formado como persona y profesionales a través de sus docentes.

A la escuela profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura y catedráticos por habernos impartido sus conocimientos

Nuestro sincero agradecimiento al Ing. Arturo Joels Ventura, por su colaboración, orientación y asesoramiento en el presente trabajo de investigación

Al equipo de ingenieros M. Sc. Jorge Luís Aroste Villa, M. Sc. Nestor Chura Chipana, Ing. Alfredo Ponce Flores, por sus excelentes aportes recomendaciones en este proyecto.

ALDICES Y FABIAN



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 16

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 19

1.1.1 Descripción de la realidad del problema..... 19

1.1.2 Formulación del problema general 23

1.1.3 Formulación del problema específico 23

1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 23

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO 24

1.4 OBJETIVOS 25

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 26

2.1.1. A Nivel Local..... 26

2.1.2. A Nivel Nacional..... 27

2.1.3. A Nivel Internacional..... 28

2.2 MARCO TEÓRICO 30



2.2.1. CONCEPTOS DE ACCIDENTALIDAD.....	30
2.2.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO	33
2.2.3. CONCEPTOS BÁSICOS EN EL ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR.....	41
2.2.4. CONCEPTOS BÁSICOS DE SEGURIDAD VIAL.....	45
2.2.5. AUDITORIAS E INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL (ISV).....	49
2.2.6. HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM) 2010	61
2.3 MARCO CONCEPTUAL	88

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	92
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.	93
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	94
3.3.1 Población.....	94
3.3.2 Muestra.....	94
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	94
3.4.1 Enfoque De La Investigación.....	94
3.4.2 Alcance de investigación.....	95
3.4.3 Diseño de la metodología de investigación.....	96
3.4.4 Diseño de ingeniería.....	96
3.5 PROCEDIMIENTOS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS	98
3.5.1 DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PUNO - ILAVE	98
3.5.1.1 Levantamiento topográfico de la calzada con GPS diferencial.....	98
3.5.1.2 Trabajo de gabinete	102
3.5.1.3 Evaluación de parámetros actuales con la normativa vigente.....	107
3.5.1.4 Análisis descriptivo del diseño geométrico de la vía.	120
3.5.2 ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR (IMDA).....	121



3.5.2.1	Planificación e identificación de las estaciones de conteo	121
3.5.2.2	Resumen del conteo vehicular por estaciones.	124
3.5.2.3	Tráfico vehicular según plataformas virtuales.	127
3.5.2.4	Procesamiento de la información obtenida en campo	129
3.5.2.5	Proyección de tráfico.	133
3.5.2.6	Análisis general del estudio de tráfico.	134
3.5.3	INVENTARIO DE LA SEÑALIZACIÓN EXISTENTE.....	135
3.5.3.1	Señalización Vial.....	135
3.5.3.2	Condiciones del entorno de la vía.	136
3.5.4	ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD.....	138
3.5.4.1	Delimitación del periodo de análisis.	138
3.5.4.2	Recopilación de información.....	138
3.5.4.3	Análisis de la accidentalidad periodo 2016- 2019.....	140
3.5.4.4	Análisis general del estudio de accidentalidad.....	146
3.5.4.5	Identificación de tramos de concentración de accidentes (TCA) ...	146
3.5.5	APLICACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO - HSM.....	150
3.5.5.1	Factor de calibración de accidentes (Cr).	162
3.5.5.2	Análisis de la aplicación del método predictivo de accidentes del hsm2010	162
3.6	DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	163

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS.....	164
4.1.1	Análisis e interpretación de los resultados	164
4.1.2	Contrastación de las Hipótesis Específicas	180
4.2	DISCUSIONES	182
V.	CONCLUSIONES	184



VI. RECOMENDACIONES	185
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	187
ANEXOS.....	190

ÁREA : Planificación de Transporte y Territorio

TEMA: Predicción de Accidentes de Tránsito

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 08 DE FEBRERO DE 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Principales Causas de Muerte en el Mundo (2016).	20
Figura N° 2: Número de accidentes de tránsito a nivel nacional (2010 - 2018).	21
Figura N° 3: Accidente de tránsito por choque posterior e invasión de carril.	22
Figura N° 4: Accidente De Tránsito Por Despiste Y Volcadura	30
Figura N° 5: Elementos de curva horizontal	37
Figura N° 6: Factores que contribuyen a la ocurrencia de accidentes de tránsito.	49
Figura N° 7: Pavimentos Asfáltico En Mal Estado	51
Figura N° 8: Ejemplo de Ubicación Lateral en zona rural y urbana	53
Figura N° 9: Señales reguladoras o de reglamentación	54
Figura N° 10: Señales preventivas	54
Figura N° 11: Señales informativas	55
Figura N° 12: Demarcaciones planas en el pavimento	56
Figura N° 13: Señal de Demarcación de Línea de Parada	56
Figura N° 14: Ejemplo de tacha Retrorreflectiva u "Ojo de Gato"	57
Figura N° 15: Delineadores de piso	57
Figura N° 16: Capta faros	58
Figura N° 17: Reductor Tipo Resalto circular	58
Figura N° 18: Señal para Indicar Concentraciones de Siniestros o Accidentes	61
Figura N° 19: Factor de modificación de accidentes para ancho de carril	69
Figura N° 20: Flujograma para la aplicación del método predictivo	81
Figura N° 21: Delimitación del tramo en estudio	92
Figura N° 22: Procedimiento de investigación cuantitativo	95
Figura N° 23: Flujograma del diseño de ingeniería	97



Figura N° 24: Receptor GNSS Galaxy G1 Base y Rober	98
Figura N° 25: posición de los puntos de apoyo para el levantamiento topográfico	99
Figura N° 26: Estación de GPS en el punto base PCG – 03 UNAP.....	100
Figura N° 27: Estación de GPS en el punto de apoyo TESIS 01	100
Figura N° 28: Estación de GPS en el punto de apoyo TESIS 02	101
Figura N° 29: Equipo estacionado en el punto de apoyo TESIS 03.....	101
Figura N° 30: Receptor GNSS – Rover acondicionado a la moto lineal.....	102
Figura N° 31: Diseño geométrico en planta.	108
Figura N° 32: Curva afectado por el entorno de la vía CH – 03.	110
Figura N° 33: Escalera construida sobre cuneta de la curva CH-15	110
Figura N° 34: Tramos de tangente largo progresiva 1381+500	111
Figura N° 35: tramos de tangente largo progresiva 1403+300.....	111
Figura N° 36: Diseño de Perfil de la carretera.....	112
Figura N° 37: Progresiva 377+700.....	113
Figura N° 38: Inicio del tramo en estudio progresiva 1363+815	115
Figura N° 39: Ahuellamiento en el pavimento progresiva: 1377+500.....	115
Figura N° 40: Tramo de vía con berma vegetada progresiva 1405+300.....	116
Figura N° 41: Fin del tramo progresiva: 1411+311	116
Figura N° 42: Berma sin pavimentar progresiva 1365+300.....	117
Figura N° 43: Borde de calzada en mal estado progresiva 1367+600 curva CH-05..	117
Figura N° 44: Baches en el pavimento progresiva 1370+500	118
Figura N° 45: Deformaciones en el pavimento progresiva 1372+700	118
Figura N° 46: Pavimento y berma en mal estado progresiva 1377+400	119
Figura N° 47: Presencia de parches en la calzada progresiva 1380+000	119
Figura N° 48: Hidroplaneo progresiva 1385+300	120



Figura N° 49: Parches en pavimento progresiva 1406+400	120
Figura N° 50: Ubicación de estaciones de aforo vehicular.	122
Figura N° 51: Personal de la cuadrilla de conteo vehicular en la estación E-01.....	123
Figura N° 52: Personal de la cuadrilla de conteo vehicular en la estación E-02.....	123
Figura N° 53: Personal de la cuadrilla de conteo vehicular en la estación E-02.....	123
Figura N° 54: Variación de flujo vehicular diario por Estación.....	133
Figura N° 55: Vehículos según variación horaria.	133
Figura N° 56: Vehículos más frecuentes en la carretera Puno – Chucuito.	137
Figura N° 57: Resumen de accidentes por año carretera Puno – Ilave.	141
Figura N° 58: Accidentes de tránsito según causa en la carretera Puno – Ilave.	141
Figura N° 59: Días con más incidencia en accidentes de la carretera Puno – Ilave...	142
Figura N° 60: Tipología de accidentes de tránsito	143
Figura N° 61: Distribución de accidentes por meses del año.....	144
Figura N° 62: Incidencia horaria de accidentes de tránsito (2016 – 2019)	145
Figura N° 63: Tasa de mortalidad con respecto al número de accidentes.....	145
Figura N° 64: muertes y heridos a causa de los accidentes de tránsito.	146
Figura N° 65: Accidentes por cada segmento.	149
Figura N° 66: Accidentes predichos con el manual con el método predictivo.	164
Figura N° 67: Accidentes predichos según severidad	165
Figura N° 68: Elementos geométricos en planta de la carretera Puno – Ilave.	169
Figura N° 69: Demanda vial por aforo vehicular según DG - 2018.....	170
Figura N° 70: Tipo de vehículos con más incidencia en el IMDA.	171



ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla N° 1: Longitudes en tangentes mínimas y máximas	36
Tabla N° 2: Valores de peralte máximos	39
Tabla N° 3: Anchos mínimos de tangentes en calzada.....	39
Tabla N° 4: Ancho de bermas.....	40
Tabla N° 5: Valores de bombeo de la calzada.....	41
Tabla N° 6: Condiciones base para segmentos de carretera rural de dos carriles.....	67
Tabla N° 7: FMAra para ancho de carril	68
Tabla N° 8: FMAwra para Ancho de Berma	70
Tabla N° 9: FMAtra en función del tipo y ancho de berma	71
Tabla N° 10: FMA5 para la Pendiente Longitudinal.....	73
Tabla N° 11: proporción de accidentes nocturnos sin iluminación.	77
Tabla N° 12: Coordenadas UTM (WGS - 84)	92
Tabla N° 13: Coordenadas Geográficas.....	93
Tabla N° 14: Cuadro de coordenadas de puntos de apoyo.	99
Tabla N° 15: Características geométricas de la vía Puno – Ilave.	103
Tabla N° 16: Características geométricas de las curvas horizontales.....	104
Tabla N° 17: Características geométricas de curvas verticales.	105
Tabla N° 18: Comparación del diseño con la normativa DG-2018.....	109
Tabla N° 19: Comparación de longitudes de tangentes con la normativa DG-2018... ..	112
Tabla N° 20: Comparación de la sección transversal con la normativa DG-2018.	114
Tabla N° 21: Cuadro de coordenadas de estaciones de aforo vehicular.....	122
Tabla N° 22: Características de la estación de aforo.	122
Tabla N° 23: Conteo vehicular estación E-01 (Ambos sentidos Puno – Ilave).....	124



Tabla N° 24: Conteo vehicular estación E-02 (Ambos sentidos Puno – Ilave).....	125
Tabla N° 25: Conteo vehicular estación E-03 (Ambos sentidos Puno – Ilave).....	126
Tabla N° 26: Cuadro de IMDA peaje - Ilave.....	127
Tabla N° 27: Cuadro de factores de corrección (2016 - 2019).....	128
Tabla N° 28: Crecimiento anual (2016 – 2017).....	128
Tabla N° 29: Clasificación por tipo vehicular E-01.	129
Tabla N° 30: Clasificación por tipo vehicular E-02.....	130
Tabla N° 31: Clasificación por tipo vehicular E-03.	130
Tabla N° 32: Estación de conteo vehicular E-01	131
Tabla N° 33: Estación de conteo vehicular E-02.....	131
Tabla N° 34: Estación de conteo vehicular E-03.....	132
Tabla N° 35: Ajuste del IMDA con datos recolectados de campo	134
Tabla N° 36: Estado del pavimento según segmento	136
Tabla N° 37: Resumen de accidentes registrados vía Puno – Ilave (2016-2019).....	139
Tabla N° 38: Cifras de la accidentalidad años 2016 – 2019.....	140
Tabla N° 39: Tipo de vehículos involucrados	143
Tabla N° 40: Accidentes por segmentos (2016 – 2019).....	147
Tabla N° 41: Cálculo de la función de desempeño de seguridad.	154
Tabla N° 42: Información base para la aplicación del método predictivo	155
Tabla N° 43: Combinación de FMAs periodo 2019.....	157
Tabla N° 44: Frecuencia Promedio De Accidentes Predichos.	158
Tabla N° 45: Accidentes predichos por nivel de severidad, del año 2019.	160
Tabla N° 46: Accidentes Nesperado, Aplicando el Metodo EB, año 2019.....	161
Tabla N° 47: Factor de calibración del años de análisis (2016 – 2019)	162
Tabla N° 48: Análisis general de la carretera Puno-Ilave con DG-2018.....	166



Tabla N° 49: Evaluación de elementos de inseguridad vial según segmentos	173
Tabla N° 50: Variables de contraste de Hipótesis	177
Tabla N° 51: Prueba de distribución de normalidad.....	179
Tabla N° 52: Correlación de variables con Rho de Spearman.	180
Tabla N° 53: Valores de correlación Rho de Spearman.	180



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AASHTO: Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte

(American Association of State Highway and Transportation Officials)

ASV : Auditoria de seguridad vial

Cr : Factor de calibración

DG : Manual de diseño geométrico de carreteras 2018

FMA : Factores de modificación de accidentes

FPC : Función de predicción de accidentes

HSM : Highway safety manual

IMD : Índice Medio Diario

IMDA : Índice Medio Diario Anual

INEI : Instituto Nacional de Estadística e Informática

IP : Índice de Peligrosidad

ISV : Inspección de seguridad vial.

MSV : Manual de Seguridad Vial

MTC : Ministerio de Transportes y Comunicaciones

OMS : Organización mundial de la salud

PNP : Policía Nacional del Perú.



RESUMEN

Los accidentes de tránsito son sucesos que se registran a diario; razón por la cual en la presente tesis denominado “**PREDICCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO APLICANDO EL MANUAL HSM 2010 EN LA CARRETERA PUNO – ILAVE**” se investigó mediante un diseño descriptivo correlacional la relación de los accidentes de tránsito con el diseño geométrico, el índice medio diario anual y los dispositivos de control de tránsito; teniendo como objetivos determinar la incidencia de estas variables en los accidentes de tránsito, siguiendo los pasos del método predictivo del Highway Safety Manual – 2010. Para analizar las variables se realizaron trabajos de campo como: el levantamiento topográfico de 47.5 kilómetros para determinar el diseño geométrico, conteo vehicular en tres puntos de aforo para determinar el flujo de tránsito vehicular, inventario de dispositivos de control de tránsito para identificar el estado de la señalización además se recopiló los registros de accidentes de tránsito de las diferentes comisarías con jurisdicción en la vía estudiada. Con los resultados obtenidos y analizados se llegó a las siguientes conclusiones: Se determinó que el diseño geométrico no incide en los accidentes de tránsito ocurridos en la vía en cambio, El IMDA y los dispositivos de control de tránsito inciden en la ocurrencia de los accidentes de tránsito. Finalmente, el método predictivo de accidentes de tránsito del HSM se ha aplicado correctamente bajo las condiciones del manual de seguridad vial (2017) para el territorio nacional, obteniendo un factor de calibración (Cr) = 0.839, valor que fue comparado con estudios similares, el mismo que representa un procedimiento prometedor para la evaluación de vías a nivel nacional.

Palabras claves: Seguridad vial, Accidentes de tránsito, Modelo de predicción, carretera de dos carriles.



ABSTRACT

Traffic accidents are events that are recorded daily, which is why in this thesis called "PREDICTION OF TRAFFIC ACCIDENTS APPLYING THE HSM MANUAL 2010 ON THE PUNO - ILAVE HIGHWAY" was investigated through a descriptive correlational design the relationship of traffic accidents with the geometric design, the annual average daily rate and traffic control devices; The objectives were to determine the incidence of these variables in traffic accidents, following the steps of the predictive method of the Highway Safety Manual - 2010. To analyze the variables, field work was carried out such as: topographic survey of 47.5 kilometers to determine the geometric design, vehicle counting at three gauging points to determine the flow of vehicular traffic, inventory of traffic control devices to identify the state of the signaling, in addition to collecting traffic accident records from the different police stations with jurisdiction over the road studied. The results obtained and analyzed led to the following conclusions: It was determined that the geometric design does not affect the traffic accidents occurred on the road instead, IMDA and traffic control devices affect the occurrence of traffic accidents. Finally, the HSM predictive method of traffic accidents has been correctly applied under the conditions of the road safety manual (2017) for the national territory, obtaining a calibration factor (C_r) = 0.839, a value that was compared with similar studies, the same that represents a promising procedure for the evaluation of roads at the national level.

Key words: Road safety, traffic accidents, prediction model, two-lane road.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los registros de accidentes de tránsito tienen un incremento cada vez mayor, según la organización mundial de la salud (OMS) cada año se pierde aproximadamente 1,35 millones de vidas como consecuencia de los accidentes de tránsito. Las lesiones que estos accidentes ocasionan hacen que haya una pérdida económica considerable para las víctimas y sus familias. Estas pérdidas se pueden ver reflejados en los costos de tratamiento, además el tiempo de atención que los familiares deben disponer para estar cerca de la víctima.

La infraestructura juega un papel fundamental en la seguridad puesto que el buen diseño de las vías es crucial para que los usuarios la utilicen correctamente y en forma segura. En nuestro país el costo de construcción y mantenimiento de carreteras, ya sea proyecto nuevo o rediseño es uno de los elementos más importantes en la toma de decisiones en algunos de los casos se incluye los costos de los usuarios, que vendría a ser el tiempo de demora en realizar un viaje, hasta los costos vehiculares, como combustible, neumáticos, aceites, etc, sin embargo, no es común incluir costos por accidentes de tránsito probables en dicha vía, lo cual también es un elemento importante porque las carreteras también deberían de brindar un nivel de seguridad adecuado, en nuestro país recientemente en el 2017 se ha implementado el manual de seguridad vial (MSV) a través del ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) el mismo que es un extracto sin pocas variaciones del manual de seguridad en carreteras (HSM) del American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) del 2010, con el fin de proponer modelos para la predicción de accidentes de tránsito en vías, el mismo que ha sido aplicado ampliamente en varios países a nivel mundial. El mencionado



manual HSM (AASHTO, 2010) tiene una aplicación para carreteras rurales de dos carriles, rurales multicarril, además de vías suburbanas y arterias urbanas, basadas en condiciones topográficas y geográficas de los estados unidos de américa, cuyas condiciones son muy distintas a Perú y más aún a la región de Puno.

A nivel nacional existen carreteras como la seleccionada para la presente investigación, construidas en los años 70 con normativas, condiciones y parámetros del diseño geométrico muy diferentes a las actuales, el crecimiento del parque automotor, los diseños de los nuevos vehículos con una versatilidad en potencia y velocidad hacen de estas vías antiguas un factor generador de accidentes de tránsito.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción de la realidad del problema

- **A nivel internacional.**

En el mundo entero los accidentes de tránsito son un problema, según el informe presentado por el OMS (2018), Cada año alrededor de 1.35 millones de personas fallecen en las carreteras. Decenas de millones de personas sufren heridas o discapacidades cada año. Los niños, los peatones, los ciclistas y los ancianos son los usuarios más vulnerables de la vía pública.

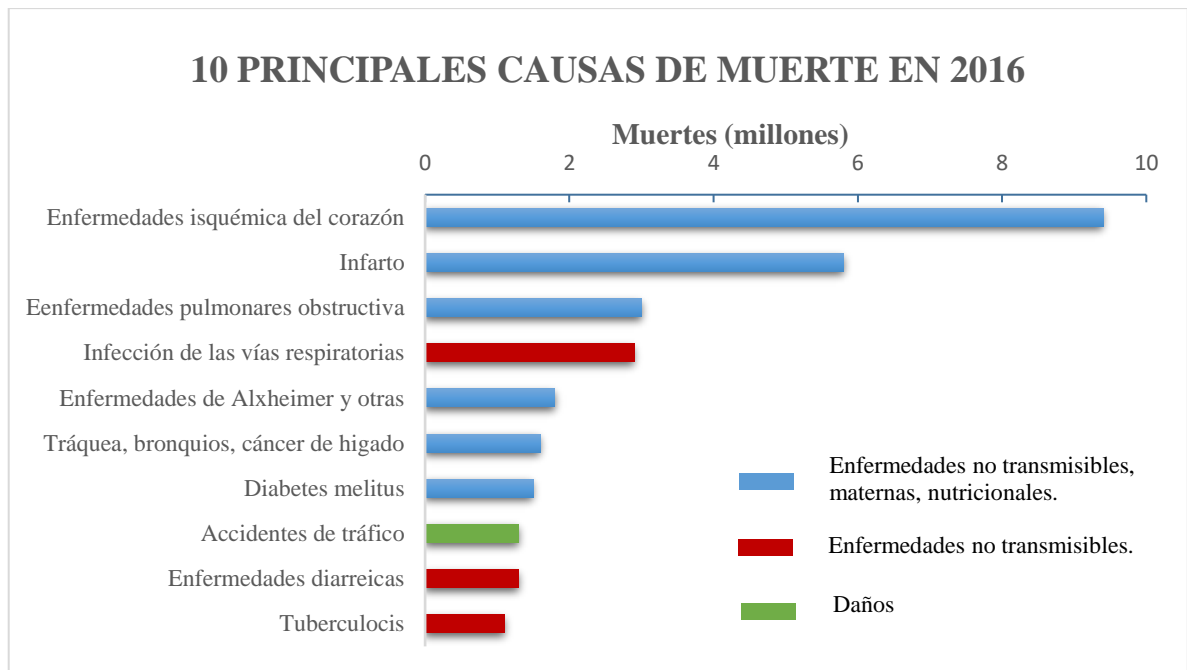


Figura N° 1: Principales Causas de Muerte en el Mundo (2016).

Fuente: Estimación de salud global 2016; muertes por causa, edad, sexo, por país y región, 2000 – 2016. Ginebra, OMS.

- **A nivel nacional.**

A nivel nacional de acuerdo a estadísticas procesadas por el instituto nacional de estadística e informática (INEI), las víctimas de accidentes de tránsito fatales, según departamento en el año 2018 se registraron 3244 víctimas y 87480 denuncias de accidentes de tránsito no fatales por tipo, según departamento en el mismo año. Para ahondar en este problema, es conviene analizar las cifras del Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). De acuerdo con este sector, se han registrado 2965, 2696, 2826 y 3245 muertes en el 2015, 2016, 2017 y el 2018, respectivamente. Es decir, en el Perú diariamente mueren 9 personas producto de los accidentes de tránsito, el mismo que estaría superando las muertes por homicidios que fue 7.8 por cada 100,000 personas en el 2018.

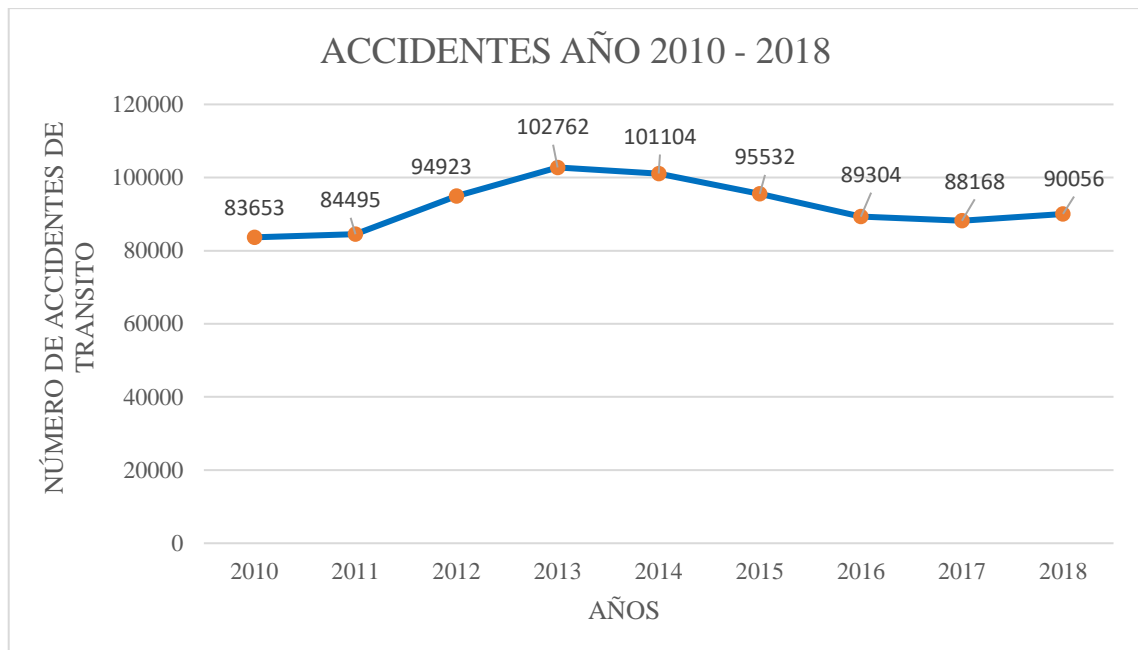


Figura N° 2: Número de accidentes de tránsito a nivel nacional (2010 - 2018).

Fuente: Policía Nacional del Perú.

- **A nivel local.**

La región de Puno en el año 2,018 registró 254 víctimas de accidentes de tránsito fatales, quedando como la tercera región con mayor registro de accidentes de tránsito fatales después de Lima y La Libertad. Cabe indicar que, para calcular la tasa de mortalidad, lo que expresamos como número de muertes que ocurren por cada 100 mil habitantes en una ciudad no basta solamente con comparar números, porque no sería lo mismo que una ciudad X con 50 mil habitantes tenga 500 casos a que una ciudad Y con 100 mil habitantes tenga 200 casos, por lo que el número de casos de una región debe analizarse en función a su número de población.

La carretera de ruta nacional PE - 3S, tramo Puno – Ilave no está exenta de estos acontecimientos que afecta a muchas familias, según el registro de accidentes por la PNP en los años 2016 al 2019 se tiene 286 accidentes registrados entre fatales y no fatales, al

igual que los casos nacionales todos los accidentes suscitados los atribuyen al factor humano.



Figura N° 3: *Accidente de tránsito por choque posterior e invasión de carril.*

Fuente: Diario Los Andes.

Según estudios realizados por la fundación Carlos Slim (2016), se les atribuye a tres elementos principales que contribuyen a la ocurrencia de accidentes de tránsito:

- 1) El factor humano en un 94 %
- 2) El factor vía y el entorno de un 28 %
- 3) El factor vehículo en un 8 %

Revisando las estadísticas del estudio realizado, nos motiva a realizar una investigación que ayude clasificar los factores de accidentalidad y así disminuir la incidencia del factor humano, ya que muchos de ellos son erróneos cuando potencialmente se le podría atribuir a la infraestructura vial la ocurrencia de los accidentes de tránsito, En ese sentido la constatación de actas de ocurrencia de accidentes de tránsito por parte de los efectivos de la policía nacional solo busca la salida más sencilla de los hechos, atribuir culpa al factor humano ya sea conductor o peatón.

Este problema genera malestar en la población, tanto como para los usuarios de la vía o personas circundantes a la misma, que transitan con temor a que puedan ser víctimas



de atropellos, choques, volcaduras y aplastamientos; afectando la estabilidad económica de las familias al cubrir gastos hospitalarios y problemas de salud como consecuencia de estos accidentes.

Para poder mitigar o reducir los accidentes de tránsito se debe incorporar el control estricto del sistema de seguridad vial, el mismo que tiene como objetivo la protección de los usuarios de la vía, ya sean transeúntes, pasajeros, y conductores, con el propósito de disminuir la tasa de accidentalidad y sus consecuencias, aplicados a cualquiera de los componentes primordiales o elementos del sistema de seguridad vial, es decir: factor humano, vehículo y la vía.

1.1.2 Formulación del problema general

¿Cómo aplicar el método predictivo del Highway Safety Manual 2010 para la estimación de accidentes de tránsito y su contribución a la toma de decisiones en seguridad vial de la carretera Puno - Ilave?

1.1.3 Formulación del problema específico

- ¿El diseño geométrico incide en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave?
- ¿El índice medio diario anual incide en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave?
- ¿Los dispositivos de control de tránsito inciden en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave?

1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Hipótesis general.

El método predictivo del Highway Safety Manual 2010 permite estimar los accidentes de tránsito y contribuye en la toma de decisiones en seguridad vial de la carretera Puno – Ilave.



1.2.2 Hipótesis Específica.

- El diseño geométrico incide en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave
- El índice medio diario anual incide en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave
- Los dispositivos de control de tránsito inciden en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se justifica como un aporte a las políticas de seguridad vial dispuestas por la cartera ministerial facultada y otros sectores locales responsables del rubro para prestar especial atención a las cifras de accidentes que generan las carreteras de su jurisdicción y así mejorar la seguridad vial, por otro lado, en los registros de constatación policial de los accidentes siempre se consideran solo dos principales causas: humana y mecánicas, mas no se les presta mayor importancia a las causas de infraestructura vial, como las características geométricas, el índice medio diario anual (IMDA) y los dispositivos de control de tránsito.

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo aplicar el método predictivo del Highway Safety Manual 2010 para la estimación de accidentes de tránsito y su contribución a la toma de decisiones en seguridad vial de la carretera Puno - Ilave?

Los estudios realizados en el Perú, en temas de seguridad vial solo prestan atención a la capital e importantes ciudades del País, pero regiones como Puno, Cusco, Junín, Ayacucho, etc. que son parte de la red de carreteras nacionales se encuentran



olvidadas y también requieren especial atención por su crecimiento y desarrollo poblacional.

Así mismo para la presente investigación es necesario calibrar el modelo de predicción de accidentes del HSM – 2010 para carreteras rurales de dos carriles en la región, dado que los parámetros y ecuaciones para la predicción de accidentes establecidos en el manual son obtenidos en estudios con condiciones topográficas y geográficas muy distintas. Así mismo es esperable que el procedimiento utilizado sea empleado en el futuro con datos de otros lugares en iguales tipologías, para extender su aplicación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Aplicar el método predictivo del Highway Safety Manual 2010 para la estimación de accidentes de tránsito y su contribución a la toma de decisiones en seguridad vial de la carretera Puno – Ilave.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el diseño geométrico de la carretera Puno – Ilave.
- Calcular el índice medio diario anual de la carretera Puno – Ilave.
- Realizar el inventario de los dispositivos de control de tránsito en la carretera Puno – Ilave



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A Nivel Local

Consorcio San Juan (2010), En su informe “estudio definitivo del mantenimiento periódico de la carretera Puno – Desaguadero tramo Puno – Ilave”, sobre la situación actual del tramo vial exponiendo lo siguiente: A 500 m del inicio se encuentra el desvío Salcedo, el cual es un intercambio tipo vial de alto tráfico, el trazo continua siguiendo la topografía de la carretera la cual se caracteriza por ser de curvas amplias y de tangentes entre curvas de 500m el perfil es plano sin curvas verticales hasta el Km 1373+000 sector de Chucuito, en donde se presenta curvas verticales y además de curvas horizontales de radios de 200 m en promedio, esto es hasta el Km 1378+000, pasando Chucuito el trazo es predominantemente tangencial, con distancia entre curvas de 1500 m. Aún se sigue presentando curvas verticales, hasta el sector de platería km 1387+000 en la cual la carretera cruza un sector urbano hasta el Km 1388+000, desde el cual es tangente horizontalmente y verticalmente, en el Km 1392+000 el trazo vuelve a cruzar un sector urbano en la ciudad de Acora, del Km 1394+000 el trazo sigue tangente horizontalmente y verticalmente hasta la ciudad de Ilave al ingreso de la ciudad se encuentra el peaje en el Km 1411+350, y la ciudad de Ilave está ubicada en el Km 1412+500, terminando en sector urbano en el Km 1413+000 , finalmente planteando como solución al problema mejoramiento de la carpeta asfáltica por presencia de grietas transversales, longitudinales y piel de cocodrilo.

Arias (2019), en su estudio “Análisis de las características geométricas de la vía puno Laraqueri que inciden en accidentes de tránsito en relación a las características



geométricas de la normatividad vigente”. La investigación tiene por objetivo el análisis de las características geométricas de la vía Puno – Laraqueri las cuales inciden en los accidentes de tránsito con respecto a la diferencia de estos elementos en campos con los estipulados en la normatividad vigente, luego de haberse realizado los trabajos de campo la comparación de calzada, berma, peralte y radio de curva con respecto a la norma vigente Diseño Geométrico DG-2018, de lo cual determina la incidencia directa de las características geométricas en los accidentes, por lo que se hizo el replanteo de estos elementos geométricos.

2.1.2. A Nivel Nacional

Herrera & Mandura (2017), realizaron la investigación “Análisis y propuesta de mejora en la Carretera Nacional pe-3s Tramo av. Antonio Lorena - Poroy, Aplicando la Metodología de inspección de seguridad Vial y el manual HSM”, donde la aplicación de una ISV comprende la identificación de aquellas zonas donde potencialmente la seguridad vial sea deficiente debido a diversas condiciones y características. Así mismo la aplicación del Método Predictivo del Highway Safety Manual (HSM), implica la recolección y procesamiento de accidentes suscitados en el tramo estudiado en un periodo de cinco años, el conteo y clasificación del tráfico vehicular (IMDA) y el levantamiento de las características geométricas; con el objetivo de hallar, primero: La predicción de la frecuencia promedio de accidentes esperados ($N_{esperado}$) con las condiciones actuales de sitio, además se realiza un ajuste con los accidentes observados ($N_{observado}$) aplicando del Método Empírico de Bayes; segundo se ha hallado el Factor de Calibración (C) del tramo estudiado ($C=0.73$); que servirá para futuras evaluaciones en la vía haciendo uso del HSM; por último se hace uso del HSM para realizar una segunda predicción donde las condiciones de la vía han sido cambiadas con propuestas de mejora con el objetivo de reducir el número promedio de accidentes esperados. La aplicación de la Inspección de



Seguridad Vial y el Highway Safety Manual, dieron como resultado la identificación de aquellas zonas donde la seguridad vial presenta deficiencias y es necesaria una intervención con el fin de preservar el estado de seguridad de las personas.

Paredes & Pinto (2019), En su estudio “Inspección de seguridad vial y soluciones en la carretera Arequipa-Yura de acuerdo con el manual de seguridad vial en el distrito de cerro colorado en el año 2019” para la demostración de la hipótesis se realizaron los siguientes estudios de accidentes y velocidades, listas de chequeo, paneles fotográficos y visitas al tramo analizado con el fin de hallar los principales puntos de acción, donde se realizaron conteos vehiculares y peatonales para hallar los niveles de servicio de estos, así como para obtener datos necesarios para el modelamiento de estos en el programa Synchro 10, y poder proponer soluciones reales y efectivas. Se concluye planteando soluciones de modificación con respecto a la señalización de la vía en estudio.

Huamanchao (2015), en su investigación referente a la “implementación de políticas y técnicas Innovadoras de seguridad vial mediante la Aplicación de auditorías de seguridad vial en Carreteras nacionales”, se realiza con el fin de proponer una Metodología Integral Innovador de aplicación de Auditorias que sistematizan la data de accidentalidad, identificación de tramos de concentración de accidentes mediante combinación de métodos, empleo de tecnologías de georreferenciación dinámica, comprobación de la efectividad de mejoras de seguridad y mediante fórmulas predictivas con la estrategia de Prevención y reducción de muertes y heridos por accidentes de tránsito, en su investigación obtuvo un valor $Cr = 1.22$ para carreteras nacionales.

2.1.3. A Nivel Internacional

Berardo (2015), En su investigación denominado “Aplicación de modelo de predicción de accidentes viales del HSM (2010) en camino rural de dos carriles en Brasil”,



presenta un procedimiento para calibrar el modelo de predicción de accidentes del HSM (2010) para vías rurales de dos carriles, utilizando datos estadísticos de accidentes registrados durante los años 2009, 2010 y 2011, en un tramo de la Ruta BR-393, en el estado de Rio de Janeiro, Brasil. Utilizaron una variedad de técnicas de procesamiento de datos para conseguir los datos geométricos y los accidentes fueron tomados de la página web del Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes de Brasil. Obtuvo un factor de calibración $C_r = 1,50$, que fue comparado con los de estudios anteriores de calibración de modelos de predicción de accidentes. El uso de estos modelos crea un procedimiento prometedor para las evaluaciones cuantitativas de la efectividad de medidas de seguridad; es esperable que el procedimiento utilizado sea empleado en el futuro con datos de otros lugares en iguales tipologías, para extender su aplicación.

García, Rojas, Duque & Rojas A. (2018), Realizaron su investigación “Calibración del Modelo Predictivo de Accidentes de Tránsito del HSM en Carreteras del Cantón Loja (Ecuador)”, el presente trabajo tuvo por objetivo estimar el factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja. Para ello, en primer lugar, seleccionaron los tramos de estudio, para luego recolectar información histórica de los accidentes de tránsito y de las variables geométricas y de operación de cada tramo. Con la aplicación del modelo de predicción se obtuvieron los factores de calibración para carreteras de dos carriles en zonas rurales y suburbanas. Las primeras obtuvieron factores entre 0,12 a 0,25, lo cual indica que el modelo subestima el número de accidentes registrados en esas vías, mientras, que las carreteras sub-urbanas estuvieron entre 0,00 a 3,24, lo cual muestra que en algunos casos el modelo subestima los datos reales y en otros los sobreestima; lo cual sugiere la obligatoriedad de la calibración del modelo en cualquiera de estos casos. Además, de estos factores de calibración, este trabajo aporta con el detalle de la metodología usada en

la calibración del modelo de predicción de accidentes del HSM para zonas rurales y suburbanas.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1. CONCEPTOS DE ACCIDENTALIDAD

2.2.1.1 Accidente de tránsito.

Evento súbito, imprevisto y violento (incluyendo incendio y acto terrorista) en el que participa un vehículo automotor en marcha o en reposo (detenido o estacionado) en la vía de uso público, causando daño a las personas, sean ocupantes o terceros no ocupantes de vehículo automotor, que pueda ser determinado de una manera cierta (DS N° 015-2013-MTC, ARTICULO 5).



Figura N° 4: Accidente De Tránsito Por Despiste Y Volcadura

Fuente: diario la república, 02/02/2012, carretera puno - Ilave Km 1378.00 (Chucuito, 2012)

2.2.1.2 Tipos de accidentes de tránsito

Colisión o choque. Es el impacto de un vehículo contra otro, contra un objeto o contra un animal.

Atropello. Evento vial donde un vehículo motorizado arrolla o golpea a una persona que transita o que se encuentra en la vía pública, provocando lesiones leves o fatales.



Volcadura. Tipo de accidente que debido a los sucesos que lo originan, provocan que el vehículo pierda su posición normal, dando una o varias vueltas.

Incendio. Es el accidente ocasionado por un corto circuito, derrame de combustible o cuestiones desconocidas, que propician la generación de fuego mediante el cual se consume parcial o totalmente el vehículo automotor.

Despiste. No es parte de un accidente de tránsito, generalmente es parte de la secuencia de un evento. Es la pérdida del contacto de las llantas con la superficie circulable de la vía, es decir salirse de la porción circulable, para tal efecto puede ser:

- **PARCIAL:** Cuando no todos los neumáticos del vehículo pierden contacto con la porción circulable.
- **TOTAL:** Cuando todos los neumáticos del vehículo pierden contacto con la porción circulable.

Especiales de vehículo en movimiento. Tenemos los casos de Fuga, así como algunos otros considerados como accidentes de tránsito especiales de vehículos en movimientos.

2.2.1.3 Causas de accidentes de tránsito

a. Exceso de velocidad.

El exceso de velocidad es un problema social popularizado donde personas se aprovechan de la capacidad de sus vehículos a motor y pueden causar afectaciones en autopistas, carreteras convencionales y vías urbanas. El exceso de velocidad reduce el tiempo de reacción que tiene el conductor ante un imprevisto.

b. Imprudencia del conductor.



La falta de respeto hacia las señalizaciones, los cambios bruscos de carril, el manejo en estado de ebriedad o luego de consumir drogas, el exceso de velocidad o agresividad al conducir, son algunas de las causas de accidentes vehiculares.

c. Imprudencia del conductor.

La imprudencia del peatón es el accidente de tránsito más frecuente. ... Las principales causas de accidentes en los últimos años se deben al cruce de peatones en la calzada de forma sorpresiva, o cuando lo hacen fuera del paso demarcado. A eso se suman otro tipo de imprudencias.

d. Vía en mal estado.

El estado de las carreteras es causa de un porcentaje importante de averías en vehículos y/o accidentes y puede comprometer sobremanera la seguridad durante el trayecto. En efecto, una carretera en mal estado puede ser causa de percances al volante y de desperfectos en el automóvil.

e. Señalización defectuosa.

Se considera señalización defectuosa cuando no se cumple con las especificaciones para el diseño, ubicación y aplicación de los dispositivos para la regulación del tránsito en la vía.

f. Vehículo en mal estado.

Vehículos en mal estado son un peligro para la movilidad vial. Es que un vehículo, de esta índole, no tiene los aditamentos de seguridad en buen estado (cinturón de seguridad, bolsas de aire), o en la mayoría de los casos, si lo tienen, no funcionan.



g. Falla mecánica.

Son aquellos accidentes provocados por la falla de un sistema clave del vehículo como son los frenos, el de dirección, el de suspensión, el de potencia, etc.

h. Factor climático.

Se considera un accidente causado por el factor climático a los accidentes ocurridos a causa de lluvias, granizadas, vientos, etc.

2.2.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

2.2.2.1 Clasificación de la red vial.

Según el manual de diseño geométrico de carreteras (DG, 2018), se clasifican según la demanda y según su orografía.

A. Según La Demanda

- **Autopistas De Primera Clase.** Son aquellas con un Índice Medio Diario Anual (IMDA) mayor a 6000 veh/día, con un separador central de 6.00 m como mínimo para dividir las calzadas; cada calzada cuenta con dos o más carriles de un ancho mínimo de 3.60 m, con control total de accesos, no presenta cruces o pasos a nivel, pero si puentes peatonales en zona urbana. Esta carretera debe tener una superficie pavimentada.
- **Autopistas De Segunda Clase.** Presentan un IMDA entre 6000 a 4001 veh/día, las calzadas están divididas por un separador central de un ancho entre 6.00 m hasta 1.00 m, si se instala un sistema de contención vehicular; cada calzada deberá tener dos o más carriles de 3.60 m mínimo de ancho, tiene control total de accesos, presenta cruces



o pasos a nivel y puentes peatonales en zona urbana. Esta carretera tiene una superficie pavimentada.

- **Carreteras De Primera Clase.** Tienen un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, con una sola calzada de dos carriles de ancho mínimo de 3.60 m. Puede contar con cruces o pasos vehiculares y en zonas urbanas se recomienda que tenga puentes peatonales o dispositivos de seguridad vial. Su superficie de rodadura debe ser pavimentada.
- **Carreteras De Segunda Clase.** Son vías con IMDA de 2000 hasta 400 veh/día, con una sola calzada de 3.30 m de ancho mínimo. Puede presentar cruces o pasos vehiculares y en zonas urbanas se recomienda que tenga puentes peatonales o dispositivos de seguridad vial. Su superficie de rodadura debe ser pavimentada.
- **Carreteras De Tercera Clase.** Son vías con IMDA de 400 veh/día, con una sola calzada de 3.00 m de ancho mínimo. Estas vías pueden presentar carriles de 2.50 m, contando con sustento técnico. Pueden funcionar con soluciones básicas o económicas, en su superficie de rodadura serán consistente en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos.
- **Trochas Carrozables.** Son carreteras transitables, que no alcanzan las características de una carretera, tienen un IMDA menor de 200 veh/día. Presentan calzadas de un ancho mínimo de 4.00 m, si se construye ensanches denominados plazoletas, como mínimo cada 500 m. Tiene una superficie de rodadura afirmada o sin afirmar.

B. Según La Orografía

- **Terreno Plano (Tipo 1).** Presenta pendientes transversales al eje de vía menor o igual al 10% y pendientes longitudinales mayormente menores al 3%, por lo que tiene un mínimo de movimiento de tierras.



- **Terreno Ondulado (Tipo 2).** Presenta pendientes transversales al eje de vía desde 11% hasta 50% y pendientes longitudinales entre 3% y 6%, por lo que tiene un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, variados con curvas de radios amplios.
- **Terreno Accidentado (Tipo 3).** Muestra pendientes transversales al eje de vía desde 51% hasta 100% y pendientes longitudinales entre 6% y 8%, por eso tiene importantes movimientos de tierras, debido a eso presenta dificultades en el trazo.
- **Terreno Escarpado (Tipo 4).** Muestra pendientes transversales al eje de vía mayores al 100% y pendientes longitudinales superiores al 8%, exigiendo máximos movimientos de tierras, debido a eso presenta dificultades en el trazo.

2.2.2.2 Derecho De Vía O Faja De Dominio

El derecho de vía es la franja de terreno de dominio público definida a lo largo y a ambos lados del eje de la vía por la autoridad competente. En el derecho de la vía se ubican las calzadas de circulación vehicular, las bermas, las estructuras complementarias de las vías, las zonas de seguridad para los usuarios de las vías, las áreas necesarias para las intersecciones viales, estacionamientos vehiculares en las vías públicas, las estructuras de drenaje y de estabilización de la plataforma del camino y de los taludes del camino, la señalización vial del tránsito (MTC, 2018).

2.2.2.3 Diseño geométrico planta, perfil y sección transversal

- **Velocidad de Diseño:** Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera.

- **Control de accesos:** Se define por control de accesos a la acción por la cual se limita totalmente o parcialmente. El ingreso a una carretera, a los ocupantes de las propiedades adyacentes o de las personas en tránsito.
- **Tramos en tangente:** Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 1: Longitudes en tangentes mínimas y máximas

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

- **Curvas circulares:** Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.
- **Elementos de la curva circular:** Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:
 - P.C. : Punto de inicio de la curva
 - P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

- P.T. : Punto de tangencia
- E : Distancia a externa (m)
- M : Distancia de la ordenada media (m)
- R : Longitud del radio de la curva (m)
- T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)
- L : Longitud de la curva (m)
- L.C : Longitud de la cuerda (m)
- Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)
- p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
- Sa : Sobreanchos que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

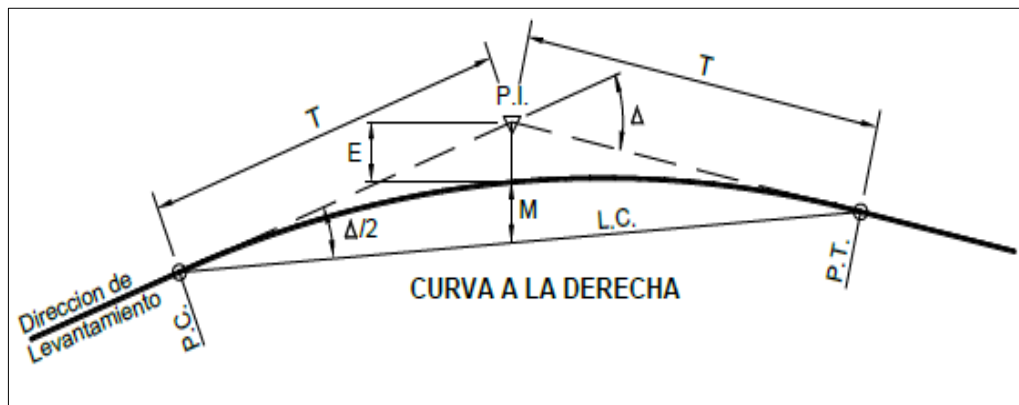


Figura N° 5: Elementos de curva horizontal

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

$$T=R \times \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$L.C.=2 \times R \times \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$L=2 \times \pi \times R \times \frac{\Delta}{360}$$



$$M=R (1- \cos(\Delta/2))$$

$$E=R (\sec(\Delta/2))$$

- **Radios mínimos:** Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

Ecuación N° 1: Radio mínimo

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Dónde:

Rmín : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

Pmáx : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

fmáx : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

- **Sobreancho:** Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos, el mismo que se calcula con la siguiente formula:

Ecuación N° 2: Sobreancho

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

Sa : Sobreancho (m)

n : Número de carriles

R : Radio de curvatura circular (m)

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

- **Peralte:** Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de una vía férrea o a la calzada de una carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso, la inercia (o fuerza centrípeta, aunque esta denominación no es acertada) del vehículo.

Tabla N° 2: Valores de peralte máximos

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%
Zona rural (T. plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0%	8.0%
Zona rural con peligro de hielo	8.0%	6.0%

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

- **Calzada:** Se denomina calzada a la parte de la calle o de la carretera destinada a la circulación de los vehículos.

Tabla N° 3: Anchos mínimos de tangentes en calzada

Clasificación Tráfico vehiculos/día Tipo Orografía	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 400				< 400			
	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																				
40 km/h													6.60	6.60	6.60	6.60				
50 km/h									7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60		
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

- **Carril:** el carril es la franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas. El conjunto de los carriles de una carretera forma la calzada.
- **Berma:** Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Tabla N° 4: Ancho de bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera												
	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 400				< 400								
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase								
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
km/h																			0.50	0.50					
40 km/h																			1.20	1.20	0.90	0.50			
50 km/h																			2.60	2.60	1.20	1.20	1.20	0.90	0.50
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20							
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20								
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20	1.20										
90 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	1.20	1.20														
100 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00																	
110 km/h	3.00	3.00	3.00																						
120 km/h	3.00	3.00	3.00																						
130 km/h	3.00																								

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

- **Bombeo:** En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

Tabla N° 5: Valores de bombeo de la calzada

Tipo de superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

2.2.3. CONCEPTOS BÁSICOS EN EL ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR.

2.2.3.1 Características de tránsito

Las características del flujo de tránsito son requisitos básicos para la planeación, proyecto y operación de carreteras, calles y obras complementarias dentro del sistema vial; estas características definen la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, por lo cual se puede evaluar el nivel de eficiencia y operación del servicio. Con estas caracterizas y otros elementos de la red vial, junto al conocimiento del entorno, se pueden predecir diferentes escenarios de operación a corto, mediano y largo plazo (SCT, 2016).

- Volumen Vehicular

El volumen vehicular es un parámetro que define el número de vehículos que pasan por una sección de carril, calle, carretera o autopista durante un periodo de tiempo (año, mes, semana, día u hora), por lo tanto, los volúmenes de flujo de tránsito nunca deben considerarse estáticos. Con regularidad los volúmenes de tránsito contabilizados en una estación suelen presentar variaciones de magnitud, similares (patrones) a los existentes en estaciones cercanas geográficamente y la misma carretera, sin embargo,



existe la posibilidad de no ser así; a este fenómeno se le conoce como correlación entre estaciones de conteo (SCT, 2016)

- **Índice Medio Diario Anual (IMDA)**

El IMDA es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías (MTC, 2018)

El IMDA se obtiene de la multiplicación del índice medio diario semanal (IMDS) y el factor de corrección estacional (FC).

Ecuación N° 3: Índice Medio Diario Anual

$$IMDA = \frac{\sum(V_i)}{7} \times FC$$

Dónde:

- IMDA : Índice medio anual
- FC : Factor de corrección estacional.
- Vi : Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.

El factor de corrección estacional (FC): Es un valor numérico requerido para expandir la muestra del flujo vehicular semanal realizado a un comportamiento anualizado del tránsito.

Variación el volumen vehicular: Los volúmenes vehiculares suelen cambiar respecto al tiempo y localización, Es decir, el flujo vehicular no es uniforme durante el transcurso del



día, semana, mes o año, sino cambiante; de igual modo, los patrones de flujo de tránsito son diferentes en autopistas urbanas a los de carreteras rurales.

Variaciones diario semanal: El volumen durante la semana puede variar considerablemente entre los días laborales y los fines de semana debido al movimiento vehicular en esos días en diferentes actividades principalmente el comercio.

Variación horaria: El uso de un camino presenta cambios durante el transcurso del día, y tiene diferente comportamiento vehicular durante los fines de semana y días laborales. En la mayoría de las carreteras, volúmenes de tránsito aumentan durante el día y disminuyen por la noche.

2.2.3.2 Clasificación Vehicular

En el Perú contamos con un Reglamento Nacional de Vehículos, aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC del 12 de octubre de 2003, con el objeto de establecer los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos, para que ingresen, se registren, transiten, operen y se retiren del Sistema Nacional de Transporte Terrestre. En el presente reglamento separa vehículos en categorías, dependiendo de si llevan pasajeros o carga.

Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

- L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.
- L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.
- L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm³ o velocidad mayor a 50 km/h.
- L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ ó una velocidad mayor de 50 km/h.



- L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no excedan de una tonelada.

Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

- M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor
- M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
- M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

- Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.
- Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
- Clase III: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.

- N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.
- N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.



- N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Categoría O: Remolques (incluidos semirremolques).

- O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.
- O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.
- O3: Remolques de peso bruto vehicular de más 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.
- O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

Categoría S: Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

- SA: Casas rodantes
- SB: Vehículos blindados para el transporte de valores
- SC: Ambulancias
- SD: Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

2.2.4. CONCEPTOS BÁSICOS DE SEGURIDAD VIAL.

2.2.4.1 Seguridad Vial

“Se entiende como el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamento y disposiciones) y normas de conducta, bien sea como peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito” (Huamanchao, 2015)



2.2.4.2 Seguridad Nominal y Sustantiva

La seguridad nominal de una carretera existente o proyecto vial se determina revisando si las características y elementos geométricos existentes o proyectados cumplen los valores indicados en las normas (Torres Marques, 2017).

La seguridad sustantiva se mide por la frecuencia y gravedad de los accidentes ocurridos, o accidentes previstos según métodos de predicción y herramientas de software. En ambos casos es esencial una completa base de datos locales de registros de accidentes, tránsito, y manejo de técnicas estadísticas (Torres Marques, 2017).

2.2.4.3 La seguridad vial se subdivide en tres tipos

a. Seguridad vial activa o primaria.

Son las estrategias puestas en marcha para prevenir los accidentes. Dentro del factor humano implican acciones de información, formación, actitudes, aplicación de la ley, adaptación a las facultades psicofísicas. En cuanto a los vehículos implica las condiciones mecánicas adecuadas (luces, frenos, maniobrabilidad, gestión de la velocidad) y desde el punto de vista ambiental desarrollar estrategias en cuanto al diseño y trazado de la vía, límites de velocidad, elementos de seguridad peatonal, etc. (Huamanchao, 2015).

b. Seguridad vial pasiva o secundaria.

Hace referencia a los mecanismos para minimizar las consecuencias del accidente una vez ha ocurrido. Desde la perspectiva del factor humano implica acciones como el fomento de nociones de primeros auxilios, acceso a la atención médica, tiempos ortos de llegada de la atención médica y traslados a hospital. Desde el punto de vista del vehículo se refiere por ejemplo a la facilidad del acceso a los ocupantes y el riesgo de incendio, y



desde la visión ambiental se trabaja el equipamiento de socorro o la congestión de la vía (Huamanchao, 2015).

c. Seguridad vial terciaria o después del accidente.

“Hace referencia a los mecanismos para minimizar las consecuencias del accidente una vez ha ocurrido. Desde la perspectiva del factor humano implica acciones como el fomento de nociones de primeros auxilios, acceso a la atención médica, tiempos cortos de llegada de la atención médica y traslados a hospital. Desde el punto de vista del vehículo se refiere por ejemplo a la facilidad del acceso a los ocupantes y el riesgo de incendio, y desde la visión ambiental se trabaja el equipamiento de socorro o la congestión de la vía” (Huamanchao, 2015)

2.2.4.4 La Seguridad Vial Desde Una Nueva Perspectiva

La Seguridad Vial es asociada a la indisciplina y recalca la falta de conciencia social en relación a los accidentes que comúnmente se muestran en las noticias. Muchos consideran que éstos son inevitables e incluso los llegan a tomar como sucesos normales (Torres & Aranda, 2015)

Estudios demuestran que existen tres principales factores que usualmente combinados en una cadena de eventos contribuyen a la ocurrencia de accidentes de tránsito.

a. Factor Humano

El conductor al ser el usuario principal en un sistema de tránsito, afecta directamente la seguridad de una vía. El grado de peligro que éste pueda causar dependerá de factores como la experiencia, el estado de ánimo, el cansancio u agotamiento, la edad, el sexo y otros sentidos indispensables para maniobrar el vehículo ante cualquier situación



inesperada. Otros factores como la ingesta de alcohol, excesiva velocidad, imprudencia del conductor o peatón, el uso de celular, etc. son comúnmente identificados como causas de accidentes de tránsito con consecuencias fatales y por ello, son sólo controlables mediante normas o reglas de tránsito (Torres & Aranda, 2015)

b. Factor vía y el entorno

El entorno de la vía y los aspectos que influyan directamente en éste tales como la falta de mantenimiento, el tipo de pavimentación, el trazo de la vía, el mal tiempo y las deficiencias en la señalización pertenecen al segundo grupo de factores que más generan accidentes de tránsito. A este tipo de factores son a los que una ASV o ISV, se enfoca en disminuir pues ambas buscan mejorar la seguridad de la vía sin influir directamente en los usuarios mediante normas o reglas (Torres & Aranda, 2015)

c. Factor Vehicular.

El tipo de vehículo o condición del mismo es el factor que en menor proporción influye en la ocurrencia de accidentes en las vías. En este grupo se incluyen fallas mecánicas, neumáticos reventados, falta del mantenimiento del vehículo, cambios estructurales en el vehículo (timón cambiado o modificación de tamaño de cabina), vehículos con carga extra, etc. Todo factor por menos influyente que sea, no es despreciable (Torres & Aranda, 2015).

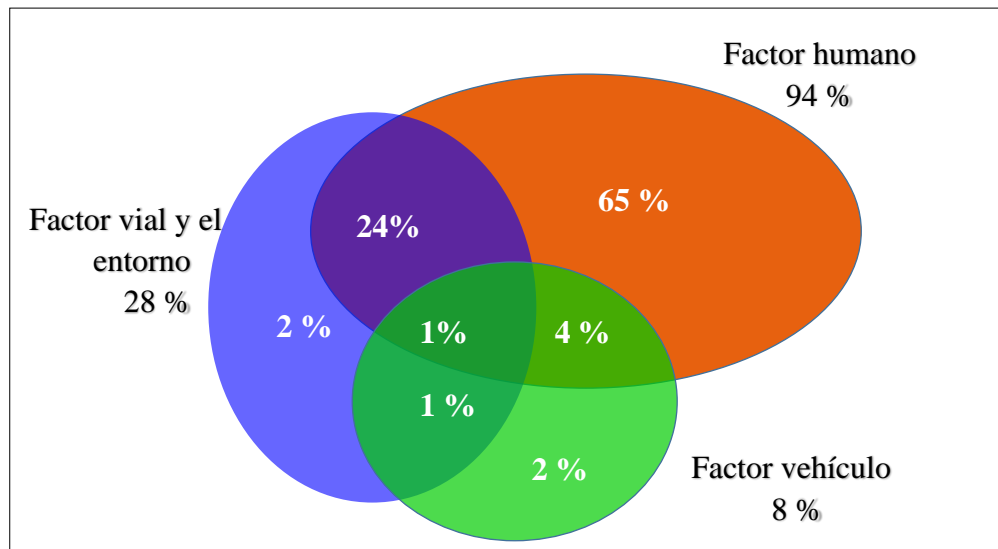


Figura N° 6: Factores que contribuyen a la ocurrencia de accidentes de tránsito.

Fuente: Manual de seguridad vial 2017

2.2.5. AUDITORIAS E INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL (ISV)

las Auditoría de Seguridad Vial (ASV), son aplicados sobre nuevos proyectos viales o rediseños viales y vías en construcción, mientras que la Inspección de Seguridad vial (ISV), se aplica a vías en servicio u operaciones.

El proceso de Auditoría e inspección de Seguridad Vial es de tipo proactivo y busca anticiparse a la ocurrencia de los accidentes y/o siniestros; de esta manera es recomendable aplicar las ASV/ISV en todas las etapas del proyecto, desde su concepción hasta la operación. Las etapas de control y su aplicación muy intensiva comprende todo los ciclos del proyecto: factibilidad, estudio definitivo, expediente técnico, ejecución, pre apertura, operación y mantenimiento, así mismo, se ha demostrado que su eficiencia es mayor cuando se intervienen en las primeras etapas de los proyectos.

Se define como inspección de seguridad vial (ISV) en carreteras en servicio, aquel procedimiento sistemático en el que un profesional calificado e independiente comprueba las condiciones de la vía, analizando todos los aspectos de la misma y su entorno que



puedan intervenir en la seguridad de los usuarios, no sólo motorizados, sino también otros usuarios vulnerables como ciclistas o peatones (MTC, 2017).

Objetivos de la ISV

Las ISV tiene por objetivo identificas las carencias potenciales de la carretera con el fin de reducir la probabilidad de que se produzca un accidente en ese tramo, mediante la aplicación de las medidas correctoras oportunas. Esto también ayudará a reducir los costos relacionados a los accidentes” (MTC, 2017)

Tipos de proyectos a Auditar e Inspeccionar

Las Auditorias e Inspecciones de Seguridad Vial son aplicables a diferentes proyectos viales, ya sean en tamaño, tipo y clasificación en general. No importa la envergadura del proyecto, sino la escala del peligro potencial que inadvertidamente el proyecto pueda ocultar.

Las ASV y las ISV pueden realizarse en proyectos viales tan diversos como, por ejemplo:

- Autopistas de primera y segunda clase
- Carreteras de primera, segunda y tercera clase.
- En trochas carrozables.
- Caminos con doble calzada.
- Proyectos nuevos, mejoramiento, entre otros.
- Proyectos de intersecciones.
- Rutas peatonales o ciclovías.
- Caminos locales desviados en relación a proyectos de gran relevancia.
- Modificaciones en los esquemas de tránsito local como cambios de sentido de flujo.
- Mejoramientos de la semaforización.
- Rutas seguras para proyectos escolares.
- Modificaciones mayores de las rutas del transporte colectivo.

- Proyectos de conservación, entre otros.

2.2.5.1 Aspectos de seguridad vial necesarios para realizar una ISV

A. Diseño geométrico

- Diseño geométrico horizontal
- Diseño geométrico vertical
- Sección Transversal

B. Superficie de rodadura

El estado y características de la superficie de rodadura afectan de manera importante la posibilidad de accidentes de tránsito. La adherencia es aquella que gobierna la dinámica del vehículo, por lo tanto, el grado de ésta debe permitir que la interacción entre el neumático y la superficie de rodadura sea buena (Torres & Aranda, 2015)

Las fallas más comunes en el pavimento son: agrietamiento superficial, agrietamiento profundo -conocida como piel de cocodrilo, hundimiento, ahuellamientos, descascaramiento y baches.



Figura N° 7: Pavimentos Asfáltico En Mal Estado

Fuente: Elaboración Propia



C. Dispositivos de control del tránsito

Dispositivos para el control del tránsito Se denomina así a las señales o marcas ya sean verticales u horizontales, a los semáforos y a cualquier otro elemento que se coloca adyacentemente o sobre las vías por una autoridad pública para prevenir, regular o guiar a los usuarios que la usan (Paredes & Pinto, 2019).

Ubicación

Para asegurar la eficacia de una señal, su localización debe considerar:

- a. Distancia entre la señal y la situación a la cual ésta se refiere (ubicación longitudinal).
- b. Distancia entre la señal y la calzada (ubicación lateral).
- c. Altura de la señal.
- d. Orientación del tablero de la señal.

En zonas rurales: la distancia del borde de la calzada al borde próximo de la señal, con excepción de los delineadores, deberá ser como mínimo 3,60 m. para vías con ancho de bermas inferior a 1,80 m., y de 5,00 m. para vías con ancho de bermas iguales o mayores a 1,80 m. En casos excepcionales y previa justificación técnica, las señales podrán colocarse a distancias diferentes a las antes indicadas, cuando las condiciones del terreno u otras causas no lo permitan.

En las zonas urbanas: la distancia del borde de la calzada (sardinell) al borde próximo de la señal, deberá ser como mínimo 0,60 m. En casos excepcionales y previa justificación técnica, las señales podrán colocarse a distancias diferentes a la indicada, en función a las características de las veredas u otros elementos de la vía urbana materia de señalización.

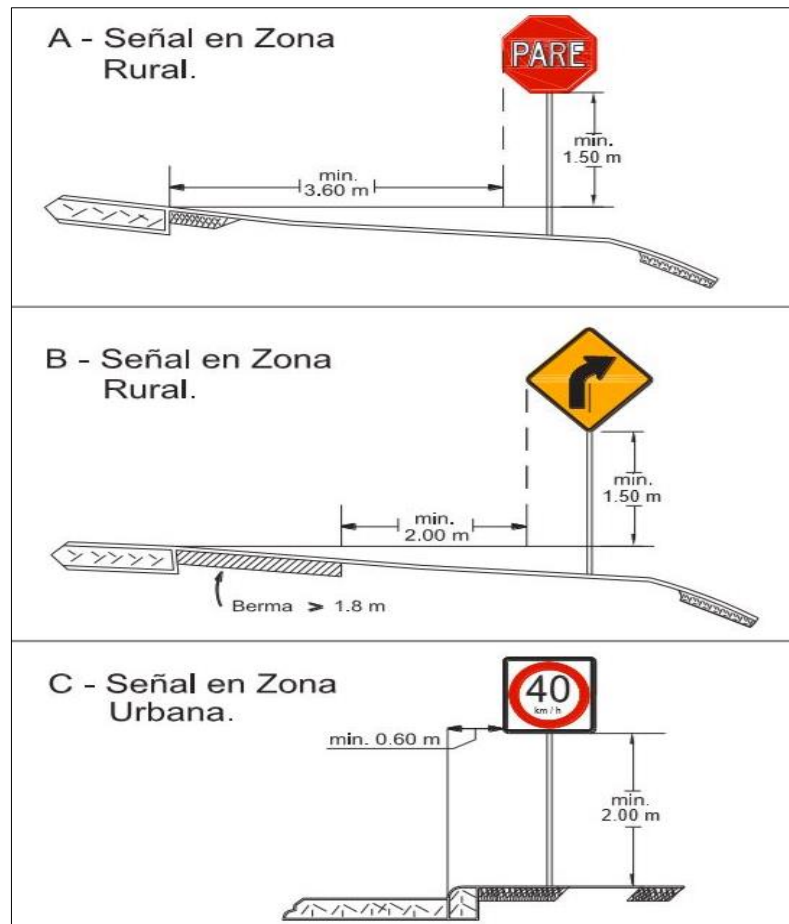


Figura N° 8: Ejemplo de Ubicación Lateral en zona rural y urbana

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2017).

Señalización vertical

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos. Son usados principalmente en sitios donde existen regulaciones específicas, permanentes o temporales, y en lugares donde el peligro no es visible (MTC, 2016)

Clasificación de las señales verticales

- Señales reguladoras 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.



Figura N° 9: Señales reguladoras o de reglamentación

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2017)

- b) **Señales preventivas:** 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.



Figura N° 10: Señales preventivas

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2017)

- c) **Señales informativas:** 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.



Figura N° 11: Señales informativas

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2016)

- **Marcas en el pavimento o demarcaciones**

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 (Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras, 2016).

Su función: Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial.

- a) **Marcas planas en el pavimento:** Son marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre la superficie de rodadura, borde o sardinel y estructuras de la vía de circulación.

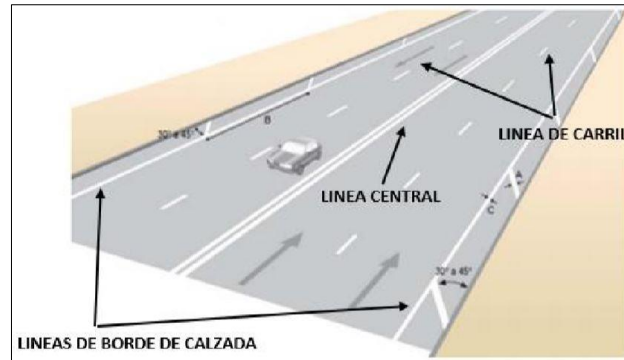


Figura N° 12: Demarcaciones planas en el pavimento

Fuente: paredes y pinto, 2019)

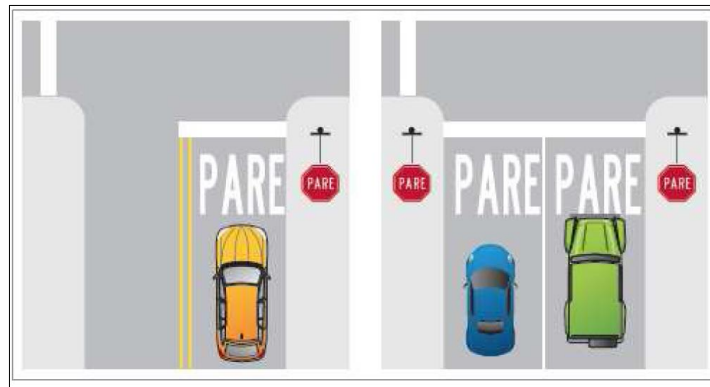


Figura N° 13: Señal de Demarcación de Línea de Parada

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2017)

- b) Marcas elevadas en el pavimento:** Son delineadores que se colocan en forma longitudinal y transversal en el pavimento, y tienen por función principal complementar las marcas planas en el pavimento.

Tachas reflectivas: Las tachas deben cumplir la función de guiar y alertar al conductor. Permiten realizar la demarcación, por sí solas, mejorando la visibilidad especialmente cuando llueve o es de noche, gracias a su retroreflectancia.

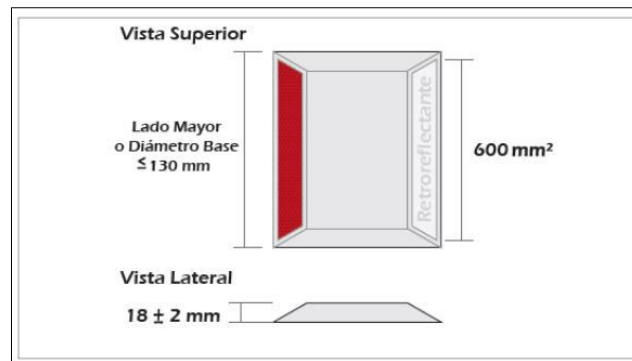


Figura N° 14: Ejemplo de tacha Retrorreflectiva u "Ojo de Gato"

Fuente: *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2017)*

Delineadores: Conocidos también como hitos de arista, se colocan en forma longitudinal al borde de la vía, especialmente en curvas o para marcar la plataforma de la carretera durante condiciones climáticas adversas (nieve o acumulación de barro)

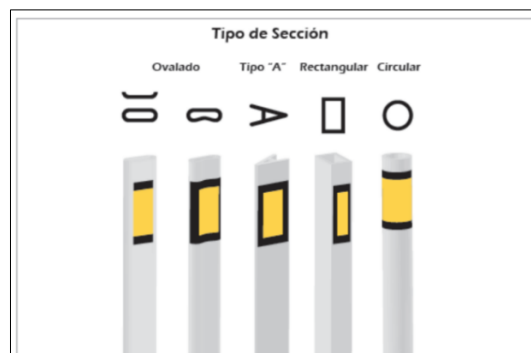


Figura N° 15: Delineadores de piso

Fuente: *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2016)*

Delineador de placa "CAPTAFAROS": Delineador conformado por el conjunto de placas con láminas retrorreflectivas que van adosadas a otros elementos de la vía, tales como guardavías, barreras de seguridad, muros de contención y otros. Pueden ser de forma triangular, rectangular o trapezoidal.



Figura N° 16: *Capta faros*

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2017)

- **Semáforos**

Son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar. (MTC, 2016)

- **Reductores Tipo Resalto**

Es una estructura fija que reduce la velocidad en carreteras de las zonas urbanas, consiste en una elevación transversal de la pista en una determinada sección. Estos dispositivos se instalan en zonas urbanas donde la velocidad es menor o igual a 50km/h.

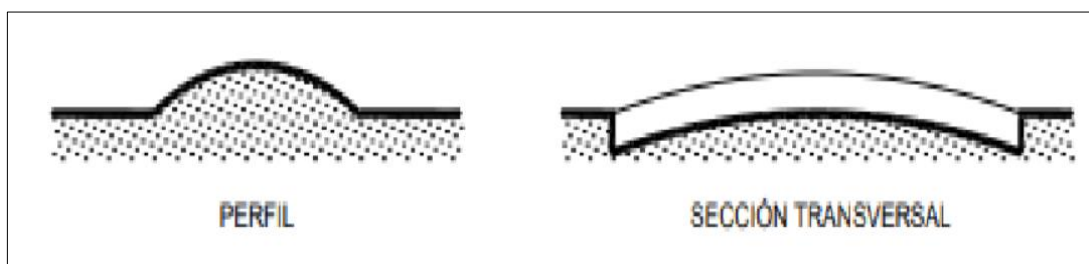


Figura N° 17: *Reductor Tipo Resalto circular*

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras (MTC, 2017).



D. Gestión de tránsito

- Limitación y control de velocidad
- Márgenes de la carretera
- Control de intersecciones
- Cruces peatonales
- Estacionamiento en calzada
- Cambio de condiciones
- Áreas de detención y paradas de buses

E. Elementos viales

El mobiliario vial (la iluminación de la vía, paraderos, las islas de tránsito, barreras de contención, 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 genere peligros innecesarios (Huamanchao, 2015)

F. Usuarios de la vía

Si bien es cierto que el diseño de la vía afecta el comportamiento del conductor; el factor humano es el mayor protagonista cuando de accidentes se trata, como se ha explicado anteriormente. Por tal motivo, conviene tener muy en cuenta el tipo de usuario que utilizará la vía para tomar especial atención en reducir la severidad de accidentes que puedan ocurrir (Torres & Aranda, 2015)

G. Vehículos en la vía

Es conveniente considerar el tipo de vehículo que circulará por la vía. La ocurrencia y severidad de accidentes se encuentra influenciada por el tipo de vehículos que circulan en la vía: sólo flujo de de vehículos livianos o flujo conjunto de vehículos livianos con pesados (camiones, tráiler, cisternas, etc.). En este último caso, la seguridad



en la vía disminuye y ocasiona que el riesgo de accidentes aumente debido a que los vehículos pesados ocupan mayor espacio, circulan a velocidades diferentes, etc. (Torres & Aranda, 2015)

H. Trabajos y mantenimiento de vías.

Los trabajos en la vía deben ser considerados como zonas potenciales de accidentes, por ello deben tratarse con especial atención las especificaciones de relación con la señalización y localización de equipamiento de apoyo. Por otra parte, los trabajos en la vía requieren de una buena Supervisión, incluyendo observaciones en terreno (Huamanchao, 2015)

2.2.5.2 Tramos de concentración de accidentes

Es un tramo donde el nivel de riesgo del accidente es significativamente superior al medio en los tramos con características semejantes y en los que una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir previsiblemente a una reducción efectiva de la accidentalidad (Huamanchao, 2015)

- Número de accidentes con víctimas en relación al flujo vehicular.
- Longitud no superior 03 Km, salvo justificación.
- En vías con más de 03 años de servicio.
- Proponer medidas correctivas o preventivas adecuadas.



Figura N° 18: *Señal para Indicar Concentraciones de Siniestros o Accidentes*
Fuente: Manual De Seguridad Vial, 2017

2.2.5.3 Listas de chequeo “CHECK LIST”

Las listas de chequeo se utilizan como una herramienta para la organización y revisión de los elementos y condiciones iniciales que se puede apreciar, con el fin de realizar un diagnóstico inicial rápido sobre los posibles riesgos para la seguridad vial de una infraestructura y orientar los análisis posteriores, de acuerdo con las áreas y sectores más críticos (MSV, 2017).

2.2.6. HIGWAY SAFETY MANUAL (HSM) 2010

En el año 2010, la “American Association of State Highway and Transportation Officials” (AASHTO) lanzó la primera edición de un Manual de Seguridad Vial (HSM), el cual presenta herramientas de análisis basadas en una compilación de los mejores y más recientes estudios que establecen relaciones entre variables de infraestructura y la ocurrencia de accidentes.

Es una herramienta de trabajo que provee conocimiento sobre seguridad vial, en las etapas de planeamiento, proyección, construcción, operación y conservación. El HSM



reúne las mejores herramientas actuales de análisis, lo cual produce estimaciones más fiables del rendimiento de seguridad para los tomadores de decisiones; esto debería dar lugar a inversiones de seguridad con mayor efectividad de costo, cuyo resultado es más vidas salvadas y daños evitados por cada costo invertido, que es el objetivo fundamental de la ingeniería de la seguridad vial.

El HSM es una recopilación de:

- Métodos para desarrollar un efectivo programa de administración de seguridad vial y la evaluación de sus beneficios.
- Métodos de predicción para estimar la frecuencia y gravedad de accidentes, y apoyar la toma de decisiones de proyecto.
- Catálogo de AMF (Factor de modificación de accidentes) para estimar el efecto de una variedad de tratamientos geométricos y operativos.

Con los conocimientos, herramientas, y metodologías del HSM se puede:

- Identificar los lugares con mayor potencial para reducir la frecuencia o gravedad de accidentes.
- Identificar los factores que contribuyen a los accidentes y las contramedidas posibles para mitigar estas cuestiones.
- Realizar evaluaciones económicas que incorporan los beneficios de seguridad y priorizan sobre la base del beneficio estimado de seguridad.
- Evaluar la efectividad de seguridad de los tratamientos aplicados o por aplicar.
- Anticipar los beneficios de seguridad asociados con varias opciones de diseño.
- Incorporar estimaciones cuantitativas de seguridad en todas las evaluaciones de mejoramientos alternativos.

El HSM tiene la siguiente estructura:

- HSM Parte A - Introducción, Factores Humanos y Fundamentos;
- HSM Parte B - Proceso de gestión de la seguridad vial; HSM
- Parte C - Métodos predictivos; y
- Parte D - Factores de modificación de accidentes. (HSM, 2010)



Parte C: Métodos Predictivos del HSM

Se proporciona un método predictivo para estimar la frecuencia media de accidentes esperada de una red, instalación, o sitio individual. La estimación se puede hacer para las condiciones existentes, condiciones alternativas, o nuevas propuestas de caminos.

El método predictivo se aplica para un determinado lapso, volumen de tránsito, y características de diseño geométrico constantes del camino. Se aplica en el desarrollo y la evaluación de múltiples soluciones para un lugar específico

El método predictivo se puede utilizar para evaluar y comparar la frecuencia de choque media esperada de situaciones como:

- Vías existentes con volúmenes de tráfico pasados o futuros.
- Diseños alternativos para una vía existente con volúmenes de tráfico pasados o futuros.
- Diseños para una nueva vía con volúmenes de tráfico futuros (previstos).
- La eficacia estimada de las contramedidas después de un período de implementación
- La eficacia estimada de las contramedidas propuestas en una vía existente (antes de la implementación).

2.2.6.1 Método predictivo del manual HSM 2010 en carreteras de dos carriles

Este método sirve para predecir la frecuencia promedio esperada de accidentes (incluyendo el nivel de gravedad y los tipos de accidentes) en una vía. Debido a su característica predictiva, se puede estimar la frecuencia de accidentes pasadas, existentes, e inclusive predecir accidentes en vialidad que aún no ha sido construida (alternativas de diseño propuestas a futuro). El método predictivo consiste de fórmulas empíricas (i.e.



formulas aprendidas por la experiencia) que tienen como variables el volumen de tráfico y diversas características de diseño geométrico de una vía

En la actualidad existen fórmulas predictivas desarrolladas con data de Estados Unidos para los siguientes tipos de vías.

- Vías Rurales con Dos Carriles
- Vías Rurales con Múltiples Carriles
- Vías Urbanas
- Autopistas (Vías Expresas)

Se estima la frecuencia media de accidentes esperados, N_{esperado} , usando una estimación de modelo predictivo de frecuencia de accidentes, N_{estimado} (llamado la frecuencia media de accidentes) y la frecuencia de accidentes observados, $N_{\text{observado}}$ en caso que los datos están disponibles.

Los elementos básicos del método predictivo son:

- La estimación de la frecuencia media de accidentes, mediante un modelo predictivo para un tipo del sitio específico. El modelo se ajusta para responder a las condiciones del sitio específico y las condiciones locales.
- El uso del método empírico Bayes (EB) para combinar la estimación del modelo estadístico con la frecuencia de accidentes observados de un sitio específico.

Para la aplicación del método predictivo la carretera se divide en segmentos individuales que pueden ser segmentos homogéneos (tramo recto) o intersecciones, cada uno llamado un "segmento"; para lo cual presenta modelos predictivos separados, pero la fórmula genérica del modelo predictivo para ambos casos consta de tres elementos: función de predicción de accidentes (FPC), factores de modificación de accidentes (FMAs) y factor de calibración (Cr).

Modelo predictivo para segmentos de carreteras rurales de dos carriles



El modelo predictivo utilizado para determinar la frecuencia promedio de accidentes predichos, N_{predicho} , se presenta en la siguiente ecuación:

Ecuación N° 4: Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos.

$$N_{\text{predicho}} = \text{NFPC} \times (\text{FMA1} \times \text{FMA2} \times \dots \times \text{FMA12}) \times \text{Cr}$$

Donde:

N_{predicho} : Predice la frecuencia media de choque para un año específico.

NFPC: Frecuencia promedio de accidentes predichos determinada para condiciones base.

FMA_x: Factores de Modificación de Accidentes.

Cr: Factor de Calibración para ajustar la Función de Predicción de accidentes (FPC) a las condiciones locales.

2.2.6.2 Función de Predicción de Accidentes (FPC)

Las Funciones de predicción de accidentes son ecuaciones de regresión que estiman la frecuencia promedio de accidentes para un sitio dado (con ciertas condiciones base) en función del IMDA, y en el caso de los segmentos de carretera, también en función de la longitud de los mismos. Estas funciones estiman la frecuencia promedio de accidentes en general, pero el método permite separar por tipo de accidente y nivel de lesión.

Ecuación N° 5: Función de predicción de accidentes para Segmento de Carretera

$$N_{\text{FPC}} = \text{IMDA} \times L \times 365 \times 10^{-6} \times e^{(-0.312)}$$

Donde:

N_{FPC} = Frecuencia de accidentes predichos para segmentos de carretera de dos carriles en condiciones “base”.

IMDA = Índice Medio Diario Anual (vehículos/día).

L = Longitud del segmento de carretera (km).



Cada FPC también tiene un parámetro de dispersión representado por la letra, k. Este parámetro proporciona una indicación de la fiabilidad estadística del FPC. Cuando el parámetro se acerca más a cero, se considera estadísticamente fiable el FPC. También es usado en el Método EB.

Ecuación N° 6: Parámetro de Sobredispersión (k)

$$K = \frac{0.236}{L}$$

Donde:

k = Parámetro de sobredispersión.

L = Longitud del segmento de la carretera (millas).

El FPC para segmentos de carretera son aplicables en un rango de IMDA de 0 a 17,800 vehículos por día. La aplicación con IMDA sustancialmente fuera de este rango no proporciona resultados confiables.

2.2.6.3 Factores De Modificación De Accidentes (FMA)

Los FMAs se utilizan para ajustar la estimación de la frecuencia de accidentes, dado por FPC.

Los FMA para las condiciones base de cada función de predicción de accidentes tienen un valor de 1. Cuando una o más condiciones del sitio en estudio difieren de las de base, los FMA pueden tomar valores mayores o menores a 1, dependiendo si esa característica particular está asociada a una mayor o menor frecuencia de accidentes.



Tabla N° 6: Condiciones base para segmentos de carretera rural de dos carriles

Segmento de Carretera	Unidades/Descripción	
Ancho de carril	12 pies	3.65 m
Ancho de berma	6 pies	1.80 m
Tipo de berma	Pavimentada	
Índice de peligrosidad (RHR)	3	
Densidad de accesos	5/milla	3/Km
Curvatura horizontal	No	
Curvatura vertical	No	
Peralte	< 0.01	
Banda sonora central	No	
Carril de adelantamiento	No	
Carril de giro a la izquierda	No	
Iluminación	No	
Aplicación automática de velocidad	No	
Pendiente longitudinal	< 3%	

Fuente: Highway Safety Manual, 2010

En el caso de los segmentos de carreteras de dos carriles cuando una o más condiciones de sitio difieren de las condiciones base, los FMA son los que se detallan a continuación:

Ancho De Carril – FMA1

El valor base para el FMA1 – Ancho de carril es de 12 pies (3.60 m). Por lo tanto, a los carriles de 12 pies se les asigna un FMA de 1,00.

Los FMAs expresados sobre esta base se ajustan, por lo tanto, a los accidentes totales dentro del método predictivo. Esto se logra utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación N° 7: FMA1r – Factor de Modificación de Accidentes por Ancho de Carril

$$FMA1 = (FMAra - 1.0) \times pra + 1.0$$

Donde:



FMA1 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de ancho de carril.

FMAra = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la anchura de carril en accidentes relacionados (por ejemplo, accidente de carrera de un solo vehículo en la carretera y de varios vehículos, desplazamiento lateral en sentido opuesto y accidentes de deslizamiento en la misma dirección).

pra = Proporción del total de accidentes constituidos por accidente

FMA1, se determina a partir de la Tabla N° 7 basado en el ancho de carril y el volumen de tráfico aplicables.

Tabla N° 7: FMAra para ancho de carril

Ancho de Carril		IMDA (veh/día)		
Pies	Metros	< 400	400 a 2000	> 2000
9 o menos	2.7 o menos	1.05	$1.05+2.81 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.50
10	3.0	1.02	$1.02+1.75 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.30
11	3.3	1.01	$1.01+2.50 \times 10^{-5}$ (IMDA-400)	1.05
12 o mas	3.65 o mas	1.00	1.00	1.00

Fuente: Highway Safety Manual, 2010

Para anchos con incrementos de 0.15 m que no se describen en la Tabla N° 7 los valores pueden interpolarse ya que hay una transición lineal entre los diversos efectos de IMDA como se muestra en la siguiente figura

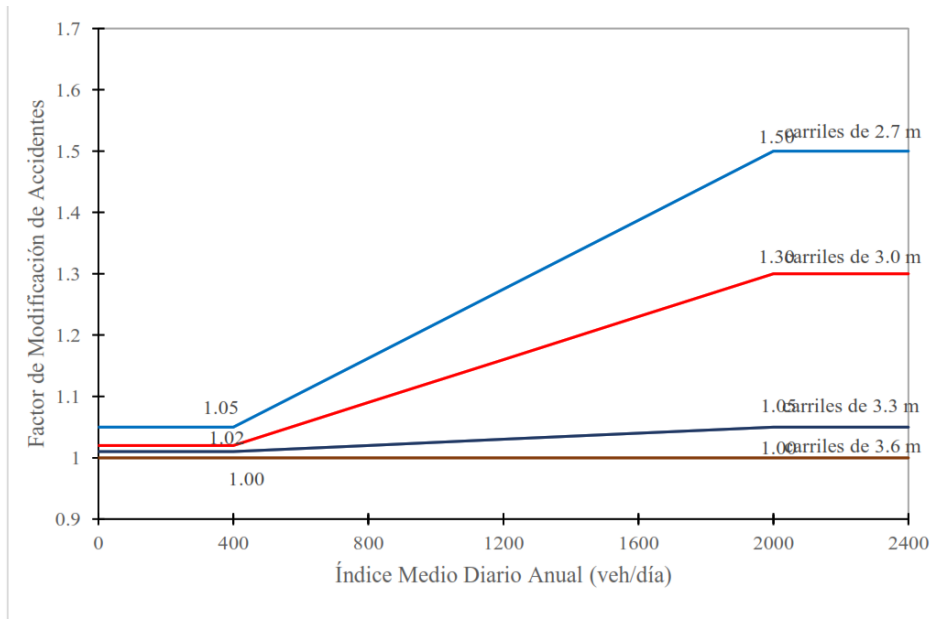


Figura N° 19: Factor de modificación de accidentes para ancho de carril

Fuente: Highway Safety Manual, 2010

El valor de pra se calcula a partir de la proporción de accidentes relacionados, por ejemplo, de un solo vehículo en carretera y de varios vehículos, en sentido contrario a la dirección, y en los accidentes con choques laterales de la misma dirección, cuyo valor es de 0.574 (es decir, 57.4%) Esta distribución de tipo de accidente es por defecto, y por lo tanto el valor de pra, puede actualizarse a partir de datos locales como parte del proceso de calibración.

Si los anchos de carril para las dos direcciones de desplazamiento en un segmento de carretera difieren, la FMA se determina por separado para el ancho de carril en cada dirección de desplazamiento y los FMA resultantes se promedian.

Ancho y tipo de Berma – FMA2

El valor base del ancho y tipo de berma es una berma pavimentada de 6 pies (1.80 m) al que se le asigna un valor de FMA de 1.00. Para las variaciones se utiliza la siguiente



Ecuación N° 8: *FMA2 – Factor de Modificación de Accidentes por Ancho y Tipo de Berma*

$$FMA2 = (FMAwra \times FMAtra - 1.0) \times pra + 1.0$$

Donde:

FMA2 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de ancho y tipo de berma.

FMAwra = Factor de modificación de accidentes para los accidentes relacionados basados en el tipo de accidente.

FMAtra = Factor de modificación de accidentes para accidentes relacionados basados en el tipo de berma.

pra = Proporción del total de accidentes constituidos por accidentes.

El valor de FMAwra se determina a partir de la Tabla N° 8 basado en el ancho de berma y el rango de volumen de tráfico.

Tabla N° 8: FMAwra para Ancho de Berma

Ancho de Berma		IMDA (veh/día)		
Pies	Metros	< 400	400 a 2000	> 2000
0	0	1.10	$1.10+2.50 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.50
2	0.6	1.07	$1.07+1.43 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.30
4	1.5	1.02	$1.02+8.125 \times 10^{-5}$ (IMDA-400)	1.15
6	1.8	1.00	1.00	1.00
8 pies o mas	2.40 m o mas	0.98	$0.98+6.875 \times 10^{-5}$ (IMDA-400)	0.87

Fuente: *Highway Safety Manual, 2010*

La condición base para el tipo de berma es que este pavimentada. Los valores que se ajustan a los efectos de seguridad de la grava, el césped y las bermas compuestas se muestran en la Tabla N° 9.

Tabla N° 9: FMAtra en función del tipo y ancho de berma

Tipo de Berma	Ancho de Berma (Pies)						
	0	1	2	3	4	6	8
Pavimentada	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Grava	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
Compuesta	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06
Césped	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.08	1.11

Fuente: Highway Safety Manual, 2010

El valor de pra se calcula a partir de la proporción de accidentes relacionados, por ejemplo, de un solo vehículo en carretera y de varios vehículos, en sentido contrario a la dirección, y en los accidentes con choques laterales de la misma dirección, cuyo valor es de 0.574 (es decir, 57.4%) Esta distribución de tipo de accidente es por defecto, y por lo tanto el valor de pra, puede actualizarse a partir de datos locales como parte del proceso de calibración.

Si el ancho o el tipo de paseo de las dos direcciones de circulación del segmento difieren, el AMF2 se obtiene por separado para cada dirección y luego se halla el promedio.

Curvas Horizontales - FMA3

Cuando el segmento en estudio presenta curvatura horizontal, se debe corregir la función de predicción con FMA3, ya que la condición de base es que el segmento sea recto. Para ello, se debe disponer de datos: la longitud de la curva, el radio y si tiene o no espirales. El cálculo del FMA3 se realiza mediante la ecuación N° 9.

Ecuación N° 9: Calculo del FMA3.

$$FMA3 = \frac{155 \times Lc + \left(\frac{80.2}{R}\right) - 0.012 \times S}{1.55 \times Lc}$$



Donde,

FMA3 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la alineación horizontal sobre accidentes totales.

Lc = Longitud de la curva en millas e incluye las espirales si las tuviera.

R = Radio de curvatura en pies.

S toma el valor de 1 si la curva tiene espirales; 0,5 si tiene espirales sólo en uno de los extremos y 0 si no tiene ninguna.

Al aplicar esta ecuación, el valor mínimo que pueden tomar Lc y R es 100 pies, por lo cual, si el segmento en cuestión tiene curvas con valores menores, se utiliza el mínimo.

Si en el segmento elegido hay una serie de curvas se calcula un FMA para cada una, pero en la fórmula, L es la suma de las longitudes de las curvas y el R es el radio de cada curva individual.

- Si el valor de FMA3 es menor que 1, se utiliza FMA3 = 1,00.

Peralte - FMA4

El FMA4 para el peralte está dado por la diferencia entre el peralte de diseño recomendado en el Libro Verde de AASHTO y el peralte real de la curva. Si el peralte real coincide o es mayor al recomendado por el Libro Verde entonces el FMA es 1. Si no es el caso, el FMA4 se calcula mediante las ecuaciones N° 10.

Ecuación N° 10: Calculo del FMA4.

$$FMA4 = 1.00 \text{ si } SV < 0.01$$

$$FMA4 = 1.00 + 6 \times (SV - 0.01) \text{ si } 0.01 \leq SV < 0.02$$

$$FMA4 = 1.00 + 3 \times (SV - 0.02) \text{ si } SV \geq 0.02$$

Donde:



FMA4 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la varianza de peralte en los accidentes totales;

SV = (ft / ft), que representa la varianza del peralte contenido en el Libro Verde de la AASHTO menos el peralte real de la curva.

La variación del peralte (SV en pie/pie) se calcula como la diferencia entre el peralte indicado en el Libro Verde de AASHTO menos el peralte real de la curva.

Pendiente Longitudinal - FMA5

La incidencia de la pendiente longitudinal se incluye mediante un FMA que se obtiene de una tabla en función del tipo de terreno. Los FMA se aplican a la totalidad del segmento en cuestión y no se tiene en cuenta el signo de la pendiente, ya que en un segmento de dos carriles no divididos será positivo en un sentido y negativo en el otro.

Tabla N° 10: FMA5 para la Pendiente Longitudinal

Pendiente Aproximada (%)		
Terreno Plano (≤ 3%)	Terreno Moderado (3% < % ≤ 6%)	Terreno Escarpado (> 6%)
1	1.1	1.16

Fuente: Highway Safety Manual, 2010

Densidad de Accesos - FMA6

La condición de base para este caso es de 5 accesos/milla. El manual indica que se deberán incluir todos los accesos usados por el tránsito para entrar o salir del camino diariamente.

Ecuación N° 11: Calculo del FMA6

$$FMA6 = \frac{0.322 + DD \times [0.05 - 0.005 \times \ln(IMDA)]}{0.322 + 5 \times [0.05 - 0.005 \times \ln(IMDA)]}$$

Donde:

FMA6 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la densidad de accesos en los accidentes totales.



IMDA = Índice Medio Diario Anual (vehículos por día).

DD = Densidad de accesos considerando accesos a ambos lados del camino (accesos/milla).

Si la densidad de accesos es menor de 5 accesos por milla, el FMA6 es 1.00.

Banda Sonora Central - FMA7

La banda sonora central se instala en la carretera para alertar a los conductores que involuntariamente atraviesan o comienzan a cruzar la línea central de la carretera. La condición base para la banda sonora central es la ausencia de esta.

El valor de FMA7 para la presencia de la banda sonora es de 0.94, en caso de ausencia de esta el valor de FMA7 es 1.00.

Carriles De Adelantamiento - FMA8

Al igual que en el caso anterior, la ausencia de carril de adelantamiento es la condición de base para la cual el FMA es 1. Si existe un carril de adelantamiento en uno de los sentidos FMA8 es igual a 0,75 y si el carril de adelantamiento está en ambos sentidos el FMA8 es 0,65.

Carril de Giro a la Izquierda (Islas) - FMA9

La instalación de un carril central de dos vías de giro a la izquierda es una carretera para crear una sección transversal de tres carriles puede reducir los accidentes relacionados con las maniobras de giro en la calzada. La condición base para los carriles de doble sentido a la izquierda es la ausencia de un carril de giro a la izquierda, si existiese el FMA9 es calculado con la siguiente ecuación:



Ecuación N° 12: Calculo de FMA9

$$FMA9 = 1.0 - (0.7 \times pdwy \times pLT/D)$$

Donde:

FMA9 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de los carriles de doble sentido de giro a la izquierda en los accidentes totales.

pdwy = Accidentes relacionados con aceras como proporción del total de accidentes;

pLT/D = Accidentes de giro a la izquierda susceptibles de ser corregidos por un carril de giro a la izquierda en proporción de los accidentes relacionados con aceras.

El valor de pdwy se puede estimar usando la siguiente ecuación:

Ecuación N° 13: Estimación de Accidentes Relacionados con Aceras

$$pdwy = \frac{(0.0047 \times DD) + (0.0024 \times DD^2)}{1.199 + (0.0047 \times DD) + (0.0024 \times DD^2)}$$

Donde:

pdwy = Accidentes relacionados con aceras como proporción del total de accidentes;

DD = La densidad de accesos considerando accesos en ambos lados de la carretera (accesos / milla).

El valor de pLT / D se estima en 0.5.

La instalación de FMA9 para carriles de giro a la izquierda no se aplica a menos que la densidad de accesos sea mayor o igual a cinco accesos por milla. Si la densidad de accesos es menor de cinco accesos por milla, el valor de FMA9 para la instalación del carril de giro a la izquierda es 1.00

Índice de Peligrosidad - FMA10

El índice de peligrosidad se obtiene mediante un análisis cuantitativo del costado del camino, en el cual se evalúa en una escala del 1 al 7 (siendo 7 el más peligroso) las características del diseño tales como la pendiente transversal, el área despejada, la presencia o no de barreras de contención, etc. Para los propósitos del método predictivo HSM, el valor de índice de peligrosidad (RHR) está representado por la calificación de riesgo desarrollada por Zegeer. El valor base del índice de peligrosidad es 3 donde el FMA10 es igual a 1.00; para otros valores de RHR el FMA se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación N° 14: FMA10 – Factor de Modificación de Accidentes por Índice de Peligrosidad

$$FMA10 = \frac{e^{(-0.6869 + 0.0668 \times RHR)}}{e^{(-0.4865)}}$$

Donde:

FMA10 = Factor de modificación de accidentes para el índice de peligrosidad.

RHR = Índice de peligrosidad.

Iluminación - FMA11

La condición base para la iluminación es la ausencia de esta en el segmento donde el FMA11 es igual a 1.00, para segmentos con iluminación el FMA es calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación N° 15: FMA11 – Factor de Modificación de Accidentes por Iluminación

$$FMA11 = 1.0 - [(1.0 - 0.72 \times \text{pinr} - 0.83 \times \text{ppnr}) \times \text{pnr}]$$

Donde:

FMA11 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la Iluminación

pinr = Proporción del total de accidentes nocturnos en los segmentos de carreteras sin iluminación que impliquen una muerte o lesión;

ppnr = Proporción del total de accidentes nocturnos en los segmentos de carreteras sin iluminación que involucran daños a la propiedad solamente;

pnr = Proporción del total de accidentes de los segmentos de carretera no iluminados que ocurren por la noche.

Este FMA11 se aplica a los accidentes totales del segmento de la carretera. En la Tabla N° 11 se presentan los valores por defecto para las proporciones de accidentes nocturnos p_{inr} , p_{pnr} y p_{nr} .

Tabla N° 11: *proporción de accidentes nocturnos sin iluminación.*

Tipo de camino	Proporción de accidentes nocturnos totales según el nivel de severidad		Proporción de accidentes que ocurre por la noche
	p_{inr}	p_{pnr}	p_{nr}
2 carriles bidireccional	0.382	0.618	0.370

Fuente: Highway Safety Manual, 2010

Regulación De Velocidades Automatizadas - FMA12

Los sistemas automatizados de regulación de velocidad utilizan el video o la identificación fotográfica junto con el radar o los láseres para detectar conductores con exceso de velocidad. La condición base para la aplicación automática de la velocidad es que está ausente.

El valor de FMA12 para el efecto de la regulación automatizada de la velocidad es de 0.93.

2.2.6.4 Factor de calibración de accidentes (Cr)

Las frecuencias de accidentes en segmentos o intersecciones similares pueden variar de una zona a otra debido a las diferencias en clima, población de conductores, distintos cuadros de registro de accidentes y prácticas de registro de accidentes. Por ello,



para compensar estas diferencias se incluye un factor de calibración de accidentes (Cr) que considera las condiciones locales y/o geográficas del sitio en estudio.

El HSM 2010 sugiere que para obtener un valor adecuado de Cr se utilice una muestra de 30 a 50 sitios, los cuales deben sumar 100 accidentes (independientemente de la severidad) por año como mínimo (total de todos los sitios) y tener una longitud mínima recomendada de cada sitio de 160 metros (0,1 millas), suficiente para representar adecuadamente las condiciones físicas y de seguridad del lugar en proceso de calibración.

El HSM 2010 también recomienda que para aquellas regiones donde se observan diferencias topográficas y climáticas apreciables, se determine un factor para cada tipo de terreno o región geográfica.

El factor de calibración Cr (en este caso, para segmentos de dos carriles indivisos) se obtiene como el cociente entre la sumatoria de la frecuencia de accidentes observadas para todos los segmentos de la muestra ($\sum N_{\text{observado}}$) y la sumatoria de la frecuencia de accidentes esperada ($\sum N_{\text{esperado}}$) en los mismos segmentos.

Ecuación N° 16: Cálculo del Cr – Factor de Calibración.

$$Cr = \frac{\sum N_{\text{obs}}}{\sum N_{\text{esp}}}$$

Para el cálculo de la frecuencia de accidentes esperada N_{esperado} para cada uno de los segmentos en estudio se calculan los FMA correspondientes y se asume un C igual a uno.



2.2.6.5 Método Empírico de Bayes (EB)

El método empírico de Bayes (EB) se utiliza para combinar la estimación de un modelo predictivo con datos de accidentes observados para obtener una estimación más fiable de la frecuencia de accidentes promedio esperado.

$N_{\text{observado}}$

- Datos de campo

$N_{\text{predictivo (FPCs)}}$

- Calculados usando modelos de regresión (FPS)
- Basados en intersecciones o autopistas similares
- Hechos para condiciones BASE

N_{esperada}

- Estimación más robusta.
- Método de Bayes (EB).
- Frecuencia promedio estimada de accidentes.
- Combinación de N predichos y N observados.

Ecuación N° 17: Calculo de los accidentes esperados

$$N_{\text{estimado}} = w * N_{\text{predictivo}} + (1 - w) * N_{\text{observado}}$$

$$w = \frac{1}{1 + k * (\sum \text{años de estudio } N_{\text{predicho}})}$$

Donde:

w: promedio ponderado.

k: parámetro de dispersión estadística.



2.2.6.6 Procedimiento para el desarrollo del método predictivo del HSM (2010)

El método predictivo proporciona un procedimiento de 18 pasos para estimar la "frecuencia promedio de accidentes esperados", N esperado (por colisiones totales, gravedad de colisión o tipo de colisión), de una red de carreteras, segmento o intersección. La estimación se basa en estimaciones hechas utilizando modelos predictivos que se combinan con los datos observados de choque utilizando el Método Bayes empírico (Método EB).

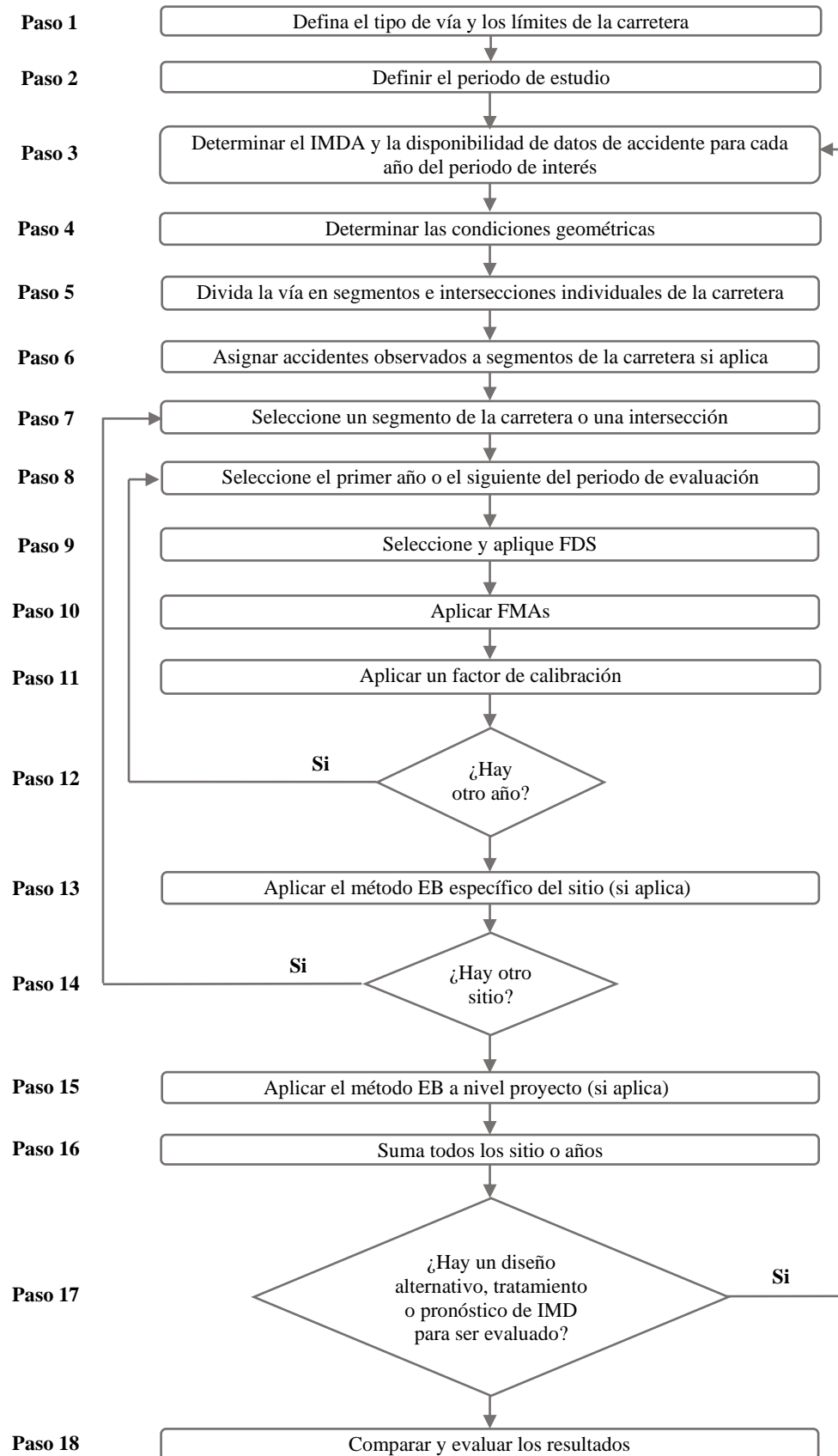


Figura N° 20: Flujograma para la aplicación del método predictivo

Fuente: HSM 2010



Paso 1: Definir los límites de las carreteras y/o segmentos de la red de estudio para los que se estimará la frecuencia media de accidentes esperada, la gravedad y los tipos de colisión previstos.

Los límites de la vía de interés dependerán de la naturaleza del estudio. El estudio puede limitarse a un solo lugar específico o a un grupo de lugares contiguos.

Paso 2: Definir el período de análisis.

El método predictivo puede utilizarse para un período pasado o un período futuro. Todos los períodos son medidos en años. Los años de interés serán determinados por la disponibilidad de IMDA observado o estimado; datos de accidentes observados, y los datos del diseño geométricos.

El período de estudio puede ser:

- Un período pasado (basado en IMDAs observados)
- Un período futuro (basado en las IMDAs pronosticados)

Paso 3: Para el período de estudio, determinar la disponibilidad de los volúmenes de tráfico promedio diario anuales (IMDA) y, para una red de carreteras existente, la disponibilidad de datos sobre accidentes observados para determinar si el Método EB es aplicable.

Determinación de volúmenes de tráfico

Los FPC utilizados en el Paso 9 (y algunos FMA en el Paso 10), requieren volúmenes IMDA (vehículos por día). Para un período pasado, el IMDA puede determinarse mediante registro automatizado o estimado mediante una encuesta por muestreo. Para un período futuro, el IMDA puede ser una estimación basada en modelos apropiados de planificación del uso de la tierra y de predicción del volumen de tráfico, o



basándose en el supuesto de que los volúmenes de tráfico actuales se mantendrán relativamente constantes.

En muchos casos, se espera que los datos del IMDA no estarán disponibles para todos los años del período de evaluación. En ese caso, una estimación del IMDA para cada año del período de evaluación se determina mediante interpolación o extrapolación, según proceda.

Determinación de la disponibilidad de datos de accidentes observados

El Método EB sólo es aplicable cuando se dispone de datos de accidentes observados y confiables para el segmento de carretera en estudio. Al menos dos años de datos de frecuencia de accidentes observados son deseables para aplicar el Método EB.

Si no se dispone de datos de frecuencia de accidentes observados, no se realizarían los pasos 6, 13 y 15 del método predictivo. En este caso, la estimación de la frecuencia media de choque prevista se limita a utilizar un modelo predictivo (es decir, la frecuencia promedio de accidentes predichos).

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

A fin de determinar los datos pertinentes necesarios y evitar la recopilación innecesaria de datos, es prudente comprender las condiciones de base de los FPC en el paso 9, y de los FMA en el paso 10.

Paso 5: Dividir la red de carreteras o la vía en segmentos individuales.



Utilizando la información de los pasos 1 y 4, la carretera se divide en lugares individuales, que consisten en segmentos de carretera homogéneos individuales e intersecciones. Al dividir la carretera en pequeños segmentos homogéneos, limitar la longitud de los segmentos a no menos de 0,10 millas lo que minimizará los esfuerzos de cálculo y no afectará los resultados.

Paso 6: Asignar accidentes observados a los segmentos individuales (si aplican).

Sólo se aplica el paso 6 si fue determinado en el paso 3 que el Método de EB sitio-específico es aplicable. Si el Método de EB sitio-específico no es aplicable, procede al paso 7.

Paso 7: Seleccione el primer o siguiente segmento individual en la carretera de estudio. Si no hay más segmentos para ser evaluados, vaya al Paso 15.

En los pasos 1 a 4 se determinan todas las características de diseño geométrico, las características de control del tráfico, los IMDA y los datos de los accidentes observados. Para estudios con un gran número de sitios, puede ser práctico asignar un número a cada sitio

El resultado del método predictivo HSM es la frecuencia promedio de accidentes predichos de toda la red de estudio, que es la suma de todos los segmentos individuales, para cada año en el estudio. Tenga en cuenta que este valor será el número total de accidentes que se espera que se produzca en todos los segmentos durante el período de interés. Si se desea una frecuencia de accidentes, el total se puede dividir por el número de años en el período de interés.



Paso 8: Para el segmento seleccionado, seleccione el primer o el siguiente año en el período de interés. Si no hay más años para ser evaluados para ese segmento, proceda al Paso 15.

Los pasos 8 a 14 se repiten para cada segmento en el estudio y para cada año en el período de estudio.

Paso 9: Para el segmento seleccionado, determine y aplique la Función de predicción de accidentes (FPC).

Los pasos 9 al 13, descritos a continuación, se repiten para cada año del período de evaluación como parte de la evaluación de cualquier segmento de la carretera.

Cada modelo predictivo en el HSM consiste en una Función de predicción de accidentes (FPC), que se ajusta a las condiciones específicas del sitio (en el Paso 10) utilizando Factores de Modificación de Accidentes (FMA) y se ajusta a las condiciones de la jurisdicción local (en el Paso 11) utilizando un factor de calibración (C). Los FPC, FMA y el factor de calibración obtenidos en los Pasos 9, 10 y 11 se aplican para calcular la frecuencia media de accidentes prevista para el año seleccionado del lugar elegido.

Paso 10: Multiplicar el resultado obtenido en el paso 9 por los FMA apropiados para ajustar la frecuencia media de accidentes prevista a las características de diseño geométrico y de control de tráfico específicas del lugar.

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

Cada uno los FPCs usados en el método predictivo se han desarrollados con los datos de los estados (países o regiones) específicos y períodos de tiempo. La calibración



del FPCs a las condiciones locales responderá de las diferencias. Un factor de la calibración (Cr para segmento de la carretera o Ci para las intersecciones) se aplica para cada SPF en el método predictivo.

Paso 12: Si hay otro año para ser evaluado en el período de estudio para el segmento seleccionado, regrese al Paso 8. De lo contrario, continúe con el Paso 13.

Este paso crea un bucle a través de los pasos 8 a 12 que se repite para cada año del período de evaluación para el segmento seleccionado.

Paso 13: Aplicar el método EB específico del segmento (si corresponde)

El método EB de sitio específico combina la estimación del modelo predictivo de la frecuencia de choque media predicha, N predicho, con la frecuencia de choque observada del sitio específico, N observado. Esto proporcionó una estimación estadísticamente más fiable de la frecuencia media de choque prevista del sitio seleccionado.

Aplice el Método EB de segmento específico a un período de tiempo futuro, si es apropiado.

Paso 14: Si hay otro segmento a ser evaluado, regrese al Paso 7, de lo contrario, proceda al Paso 15.

Este paso crea un bucle para los pasos 7 a 13 que se repite para cada segmento de carretera o intersección dentro del área de estudio

Paso 15: Aplicación del método EB a nivel del proyecto (sólo si el método empírico Bayes sitio-específico no es aplicable).



Este paso es sólo aplicable para las condiciones existentes cuando los datos de accidentes observados están disponibles, pero no pueden asignarse con precisión a los segmentos específicos.

Paso 16: Sumar todos los segmentos y años en el estudio para estimar los accidentes totales o la frecuencia promedio de accidentes predichos.

El número total estimado de accidentes dentro de la red o límites de la carretera durante los años del período de estudio se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$N \text{ total} = \sum \text{ todos los segmentos de la carretera} + \sum N_{\text{int}} \text{ intersecciones}$$

Donde:

$N \text{ total}$ = La frecuencia media de accidentes esperados para un segmento de la carretera determinada mediante el método predictivo para un año específico.

N_{int} = La frecuencia media de accidentes esperados para una intersección de la carretera determinada mediante el método predictivo para un año específico.

La ecuación anterior representa el número total previsto de accidentes que se estima se producen durante el período de estudio. La siguiente ecuación se utiliza para estimar la frecuencia total prevista de accidentes dentro de los límites de la red o de la instalación durante el período de estudio.

$$N \text{ promedio total} = N \text{ total}/n$$

Dónde:

$N \text{ Promedio total}$ = frecuencia media total de accidentes prevista que se estima que ocurrirá dentro de los límites definidos de la carretera durante el período de estudio;

n = número de años en el período de estudio.



Paso 17: Determinar si hay un diseño, tratamiento o pronóstico alternativo de IMDA para ser evaluado.

Pasos 3 a través de paso 16 del método predictivo se repiten apropiadamente para el mismo tramo de la carretera, pero bajo condiciones de diseño geométrico alternativos, tratamientos, los períodos de interés, o IMDA previstos.

Paso 18: Evaluar y comparar los resultados.

El método predictivo se usa para proporcionar una estadística de estimación fiable de la frecuencia media de accidentes esperados dentro de los límites definidos de la red vial por un período de tiempo dado, para un diseño geométrico dado y características de control del tráfico, y conocido o estimado IMDA. Además de estimar los accidentes totales, la estimación puede hacerse para la severidad de diferente tipo de accidentes y los tipos de la colisión.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Seguridad Vial. La seguridad vial es un proceso integral donde se articulan y ejecutan políticas, estrategias, normas, procedimientos y actividades, que tiene por finalidad proteger a los usuarios del sistema de tránsito y su medio ambiente, en el marco del respeto a sus derechos fundamentales. (MTC, 2008).

Inspección de Seguridad Vial (ISV). Es un proceso sistemático de revisión in situ de una carretera en servicio, con el fin de identificar aspectos peligrosos, deficiencias o carencias de la carretera susceptibles de desencadenar un siniestro, para que se adopten las medidas más adecuadas con el objetivo de eliminar o paliar estos problemas. (MTC, 2016).



Infraestructura Vial. Está conformada por todos aquellos elementos que facilitan el desplazamiento de los vehículos de un punto a otro de una manera segura y confortable. Entre los elementos que la conforman se encuentran los pavimentos, puentes, la señalización vertical y horizontal, taludes, terraplenes, túneles, dispositivos de seguridad tales como barrera de contención, drenajes, espaldón, entre otros. Todos estos elementos conforman la red vial, la cual debe de ser capaz de permitir un servicio de transporte con un nivel adecuado, eficiente y eficaz para sus usuarios (MTC, 2018).

Accidente. Se ha definido accidente como “un evento inesperado y adverso, el cual resulta en lesiones a personas, daños a la propiedad o pérdidas en el proceso” (Lopez Hidalgo, 2016).

Accidente de tránsito. Un accidente de tráfico, accidente de tránsito, accidente vial o siniestro automovilístico es un suceso imprevisto que altera la marcha normal o prevista del desplazamiento en las vialidades. El perjuicio ocasionado a una persona o bien material, en un determinado trayecto de movilización o transporte, debido (mayoritaria o generalmente) a factores externos e imprevistos que contribuyen la acción riesgosa, negligente o irresponsable de un conductor, de un como pueden ser fallos mecánicos repentinos, condiciones ambientales desfavorables (sismos o cambios climáticos bruscos y repentinos) y cruce de animales durante el tráfico o incluso la caída de un árbol por fuertes vientos en la calle o carretera. (Perez, 2016).

Manual de carreteras DG – 2018. Es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño de infraestructura vial, en función a su concepción y desarrollo y acorde a determinados parámetros. Contiene la información necesaria para diferentes procedimientos, en la elaboración del diseño



geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con las demás normas vigente sobre la gestión de la infraestructura vial.

Mantenimiento vial. Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

Deficiencias del Diseño Geométrico. Carencias o problemas de diseño en varios elementos geométricos, tales como velocidad de diseño, anchos de carril, berma, y puente, alineamientos horizontal y vertical, distancia visual, pendiente, peralte, sección transversal.

Estación de conteo. se refiere al sitio donde se ubica uno o varios contadores vehiculares, manuales o automatizados que registran el volumen vehicular y otras características del flujo de tránsito, en ese punto.

Factor De Modificación De Accidentes (FMAs). Factor de Modificación de Accidentes; Factor utilizado para calcular el efecto de una contramedida sobre la accidentalidad.

Factores De La Seguridad Vial. Los factores que intervienen en los accidentes viales son múltiples, sin embargo, se puede agrupar en las siguientes categorías: acciones del conductor, condiciones mecánicas del vehículo, características geométricas de la vía y el medio ambiente físico o climático en el que opera el vehículo.



Formula Predictiva. Formula desarrollada para predecir el número de accidentes en una determinada vía o intersección en función a su volumen vehicular y sus características de diseño.

GPS (Sistema De Posicionamiento Global). Es un instrumento de medición tridimensional utilizada en topografía para establecer puntos de control mediante coordenadas, así como para definir posiciones exactas en cualquier lugar del mundo durante las 24 horas del día.

Travesía. Paso de una Ruta Nacional por el ejido urbano de una población, con restricciones de velocidad y la posibilidad de contar con dispositivos reductores de velocidad (lomadas, etc.) o semáforos. Vía interjurisdiccional que se comporta como calle o avenida urbana en su paso por una localidad, pueblo o ciudad.

Usuario. Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la infraestructura vial pública.

Vehículo automotor menor. Vehículo de dos o tres ruedas, provisto de montura o asiento para el uso de su conductor y pasajeros, según sea el caso (bicimoto, motoneta, motocicleta, mototaxi, triciclo motorizado y similares).

Vehículo. Artefacto de libre operación que sirve para transportar personas o bienes por una vía.

Volumen vehicular: se refiere al parámetro del flujo de tránsito que define el número de vehículos que pasan por una sección de carril, calle, carretera o autopista, durante un periodo de tiempo que puede ser de: una hora, día, semana, mes o año.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La presente investigación se realizó en el departamento de Puno, provincias de Puno y El Collao, distritos de Puno, Chucuito, Platería, Acora e Ilave. La carretera en estudio es parte de la red Vial Nacional – ruta PE-3S, que está comprendida desde el desvío Jayllihuaya Km. 1363+815 hasta la unidad de peaje en Ilave Km. 1411+311, todo el tramo ubicado a orillas del Titicaca, el lago navegable más alto del mundo.



Figura N° 21: Delimitación del tramo en estudio.

Fuente: Elaboración propia (Google Earth)

- **Ubicación UTM.**

Tabla N° 12: Coordenadas UTM (WGS - 84)

Lugar	Este	Norte	Elevación	Zona
DESVÍO JAYLLIHUAYA	393,622.1082m	8'245,794.5393m	3,817.955m	19 SUR
UNIDAD DE PEAJE DE ILAVE	429,654.8610m	8'222,307.0445m	3,837.126m	19 SUR

Fuente: Elaboración propia.



- **Ubicación Geográfica**

Tabla N° 13: *Coordenadas Geográficas.*

Lugar	Latitud Sur	Latitud Oeste	Altura Elipsoidal	Zona
DESVÍO JAYLLIHUAYA	-15°51'52"	- 69°59'36"	3,863.475	19 SUR
UNIDAD DE PEAJE DE ILAVE	-16° 04'41"	- 69°39'28"	3,882.646	19 SUR

Fuente: Elaboración propia.

- **Ubicación Política.**

- Departamento : Puno.
- Provincia : Puno y El Collao.
- Distrito : Puno, Chucuito, Platería, Acora e Ilave.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.

Los instrumentos utilizados para la presente tesis fueron considerados para obtener los datos más fidedignos,

Equipos y herramientas.

- GPS diferencial.
- Nivel automático.
- Cámara filmadora.
- 2 Trípodes.
- 1 mira metálica.
- Moto lineal.

Software.

- AutoCAD civil 3D.
- Google Earth.
- Global Mapper.
- Microsoft Excel.

Materiales de Escritorio.



- Impresora.
- 4 tableros de apunte.
- Papel bond A4 para formatos.
- Lápiz y Lapiceros.
- Pizarra.
- Plumones.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población.

Para la presente investigación definiremos como población al conjunto de segmentos que conforman a lo largo del tramo de carretera Puno – Ilave correspondientes a la ruta nacional PE-3S. los segmentos se definen por las diferentes características geométricas que presentan cada tramo, teniendo longitudes variables, haciendo un total de 47 segmentos a lo largo de la carretera en estudio comprendida por 47 kilómetros con 496 metros.

3.3.2 Muestra.

Por el tamaño de nuestra población que es bastante pequeña, Así mismo para el criterio de muestreo nos basamos en el manual HSM (2010), en el cual nos indica que el tamaño muestral mínimo es 30, entonces consideraremos como muestra toda nuestra población de los 47 segmentos.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Enfoque De La Investigación

“El enfoque cuantitativo parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y

determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis”. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010)

Bajo el concepto del párrafo anterior la presente investigación de acuerdo a sus características de estudio y análisis de la información recolectada se define como una investigación con enfoque **CUANTITATIVO**, debido a que se medirán factores que incidan en la accidentabilidad de nuestro tramo en estudio.

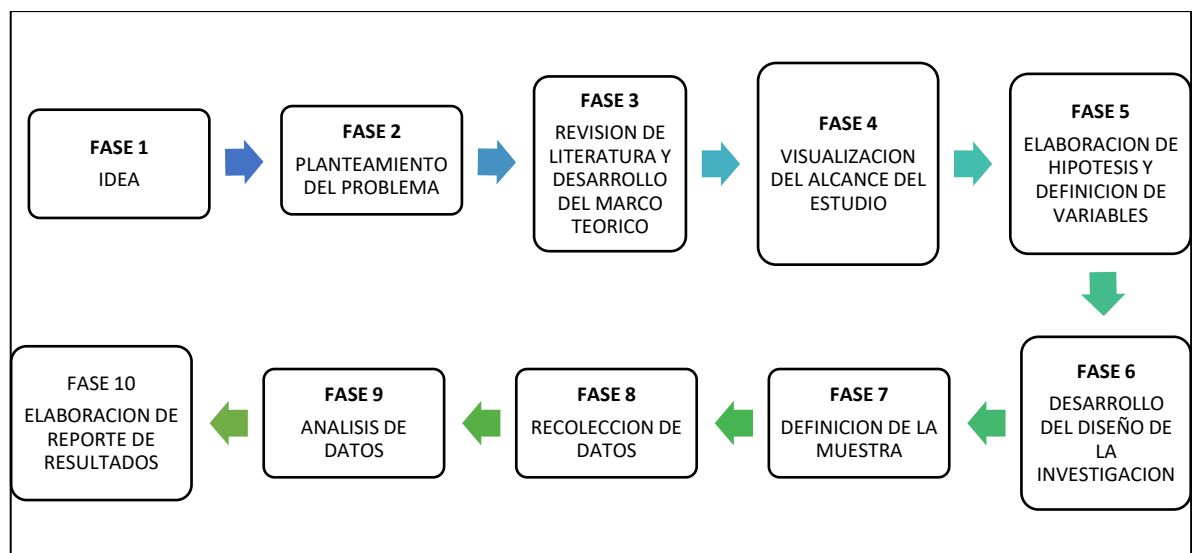


Figura N° 22: Procedimiento de investigación cuantitativa.

Fuente: Adaptado de Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010), *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill

3.4.2 Alcance de investigación.

Para definir el alcance de la presente investigación citaremos nuevamente la teoría del libro titulado metodología de la investigación, en el que mejor se ajusta a nuestra investigación es el estudio de alcance **CORRELACIONAL**, “Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más variables en un contexto en particular” (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010).



Por otro lado, para llegar a realizar los análisis entre las variables, tendremos que procesar la información recolectada para cada variable con un alcance **DESCRIPTIVO** ya que se busca especificar las propiedades y las características de las variables que se sometan a un análisis, por lo tanto, el alcance de la presente investigación tendrá un alcance **DESCRIPTIVO – CORRELACIONAL**.

3.4.3 Diseño de la metodología de investigación.

El diseño de esta investigación no experimental, es cuando se realiza sin la manipulación deliberada de variables dependientes ni independientes, por lo que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después realizar el análisis (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010).

Bajo estas consideraciones demostradas, el estudio será **NO EXPERIMENTAL** del tipo **LONGITUDINAL** ya que para el análisis y responder nuestra hipótesis del proyecto trabajaremos con datos recolectados a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.

3.4.4 Diseño de ingeniería.

Con el propósito de alcanzar los objetivos de la presente investigación, se elabora un diagrama de ejecución del proyecto teniendo en consideración todos los parámetros requeridos por el manual HSM 2010.

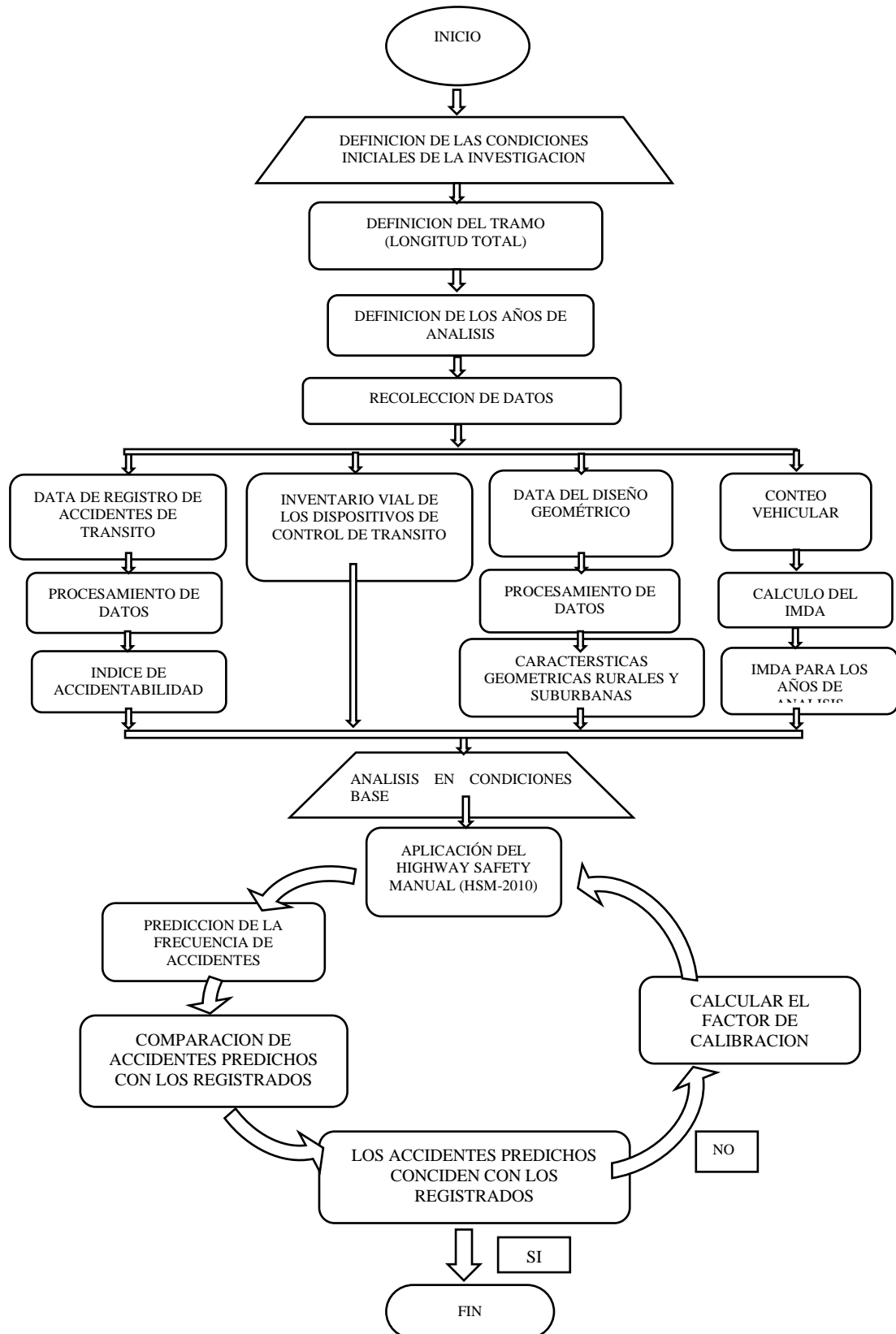


Figura N° 23: Flujograma del diseño de ingeniería

Fuente: Elaboración propia adoptado de Herrera & Mandura, 2017

3.5 PROCEDIMIENTOS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS

3.5.1 DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PUNO - ILAVE

Para la obtención de la información sobre características del diseño geométrico de la carretera se realizó un levantamiento topográfico de la calzada, obras de arte y señales de tránsito comprendidos dentro del tramo en estudio.

3.5.1.1 Levantamiento topográfico de la calzada con GPS diferencial.

Para lo cual en primera instancia se colocó puntos de referencia, para empezar el levantamiento por cada tramo con equipos GNSS. Los receptores empleados para el establecimiento de puntos de control geodésico fue la de fabricante SOUTH Modelo: GALAXY G1, los certificados de calibración se adjuntan en el anexo A.



Figura N° 24: Receptor GNSS Galaxy G1 Base y Rober

Fuente: Manual del usuario (South)

Se colocó 3 puntos de apoyo con una precisión aproximada, las cuales servirán para el levantamiento topográfico de la calzada, previo a ello se realizó el reconocimiento del campo y se buscó puntos estratégicos que faciliten el levantamiento, tal como se muestran en la imagen.



Figura N° 25: posición de los puntos de apoyo para el levantamiento topográfico
Fuente: elaboración propia (Google Earth)

Tabla N° 14: Cuadro de coordenadas de puntos de apoyo.

COORDENADAS UTM – WGS 84 DE LOS PUNTOS DE APOYO.			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA GEOIDAL
PCG-03 UNAP	8237850.797 m	407585.152 m	3873.076 m
TESIS 01	8247017.7480 m	396832.8474 m	3819.047 m
TESIS 02	8245156.244 m	399926.579 m	3854.966 m
TESIS 03	8224093.322 m	426178.734 m	3894.460 m

Fuente: Elaboración propia.

Punto Base PCG-03 UNAP

El punto “PCG – 03 UNAP”, está ubicada en la comunidad Camata, en la cima del cerro Camata a una distancia perpendicular de 455 m medidos al lado Izquierdo desde la carretera en dirección Puno – Ilave. Punto monumentado de orden C (ver Anexo), el mismo que nos sirvió como base para el levantamiento del tramo Chucuito - Acora



Figura N° 26: Estación de GPS en el punto base PCG – 03 UNAP

Fuente: Elaboración propia.

Punto De Apoyo – TESIS 01

Ubicado al costado Izquierdo de la carretera en dirección Puno-Ilave en la progresiva 1367+500, a unos pasos del acceso de ingreso a la planta de bombeo de agua potable – Chimu. Aprovechando la existencia de un punto monumentado con su placa. El mismo que nos sirvió para realizar el levantamiento del tramo Jayllihuaya – Ojherani.



Figura N° 27: Estación de GPS en el punto de apoyo TESIS 01

Fuente: Elaboración propia

Punto De Apoyo – TESIS 02

Ubicado al costado derecho de la carretera en dirección Puno – Ilave exactamente a 125m medidos desde la progresiva 1371+100, situada sobre una roca en la parte alta del cerro. El mismo que nos sirvió para realizar el levantamiento del tramo Ojherani – Chucuito.



Figura N° 28: Estación de GPS en el punto de apoyo TESIS 02
Fuente: Elaboración propia

Punto De Apoyo – TESIS 03

Ubicado al costado Izquierdo de la carretera en dirección Puno – Ilave exactamente a 150m medidos desde la progresiva 1407+700, situada en la parte alta del cerro Challacollo – Acora. El mismo que nos sirvió para realizar el levantamiento del tramo Acora – Ilave.



Figura N° 29: Equipo estacionado en el punto de apoyo TESIS 03
Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los datos sobre características del diseño geométrico de la carretera se hizo el levantamiento a lo largo de la calzada, tomados en 3 Puntos sobre la calzada, borde derecho, borde Izquierdo y eje central, para lo cual acondicionamos el bastón que porta el Rover sobre una moto lineal y programar la recolección de datos a cada 5 metros de recorrido. Luego del levantamiento descargamos y procesamos la data en el software AutoCAD CIVIL 3D, posterior a ello con la información obtenida realizamos la corroboración en campo de los peraltes en curvas y bombeo en tangentes con un nivel de ingeniero, ancho de carril y berma con wincha métrica.



Figura N° 30:Receptor GNSS – Rover acondicionado a la moto lineal

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2 Trabajo de gabinete

Con la data obtenida de campo se realiza el procesamiento con el software AutoCAD civil 3D se obtiene las siguientes características de los elementos de diseño geométrico y corroborados en campo la información recolectada.



Tabla N° 15: Características geométricas de la vía Puno – Ilave.

FORMATO PARA RECOPIAR INFORMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (CARRETERA PUNO - ILAVE)												
SEGMENTO N°	Long (m)	Progresiva		Ancho de carril (m)		Ancho de Berma (m)		Carril de giro a la izquierda	CURVA N°	Sentido		
		Del Km.	Al Km.	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho				Tipo / Estado	
INICIO			1363+815.00	3.70	3.50	2.20	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 01	685.00	1363+815.00	1364+500.00	3.42	3.35	1.80	1.50	SP / REGULAR	NO			
SEG - 02	700.00	1364+500.00	1365+200.00	3.65	3.45	1.50	0.50	SP / REGULAR	NO	CH-01	I	
SEG - 03	500.00	1365+200.00	1365+700.00	3.40	3.40	0.90	0.90	SP / REGULAR	NO	CH-02	D	
SEG - 04	400.00	1365+700.00	1366+100.00	3.40	3.40	2.00	1.50	SP / REGULAR	NO			
SEG - 05	400.00	1366+100.00	1366+500.00	3.50	3.40	1.20	2.00	SP / REGULAR	NO	CH-03	D	
SEG - 06	500.00	1366+500.00	1367+000.00	3.40	3.40	1.50	1.50	SP / REGULAR	NO	CH-04	D	
SEG - 07	800.00	1367+000.00	1367+800.00	3.40	3.40	1.20	1.20	SP / REGULAR	NO	CH-05	D	
SEG - 08	450.00	1367+800.00	1368+250.00	3.40	3.45	1.50	1.50	SP / REGULAR	NO	CH-06	I	
SEG - 09	170.00	1368+250.00	1368+420.00	3.40	3.50	1.00	1.20	SP / REGULAR	NO			
SEG - 10	850.00	1368+420.00	1369+270.00	3.40	3.40	0.90	1.20	SP / REGULAR	NO	CH-07	I	
SEG - 11	400.00	1369+270.00	1369+670.00	3.45	3.40	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 12	700.00	1369+670.00	1370+370.00	3.40	3.40	1.00	0.80	SP / REGULAR	NO	CH-08	D	
SEG - 13	630.00	1370+370.00	1371+000.00	3.55	3.55	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 14	900.00	1371+000.00	1371+900.00	3.35	3.45	0.90	0.85	SP / REGULAR	NO	CH-09	D	
SEG - 15	600.00	1371+900.00	1372+500.00	3.40	3.40	0.80	0.70	SP / MALO	NO			
SEG - 16	750.00	1372+500.00	1373+250.00	3.50	3.40	0.90	1.00	SP / MALO	NO	CH-10	I	
SEG - 17	1000.00	1373+250.00	1374+250.00	3.45	3.50	1.20	0.00	SP / MALO	NO	CH-11	D	
SEG - 18	670.00	1374+250.00	1374+920.00	3.40	3.40	0.80	1.50	SP / REGULAR	NO	CH-12	I	
										CH-13	D	
SEG - 19	350.00	1374+920.00	1375+270.00	3.50	3.50	1.50	2.00	SP / MALO	NO			
SEG - 20	830.00	1375+270.00	1376+100.00	3.65	3.60	0.70	2.00	SP / MALO	NO	CH-14	I	
SEG - 21	900.00	1376+100.00	1377+000.00	3.50	3.45	0.50	1.75	SP / REGULAR	NO	CH-15	D	
SEG - 22	1350.00	1377+000.00	1378+350.00	3.55	3.60	2.00	2.00	SP / REGULAR	NO	CH-16	D	
										CH-17	D	
										CH-18	I	
SEG - 23	1300.00	1378+350.00	1379+650.00	3.55	3.55	1.40	1.00	SP / REGULAR	NO	CH-19	I	
SEG - 24	800.00	1379+650.00	1380+450.00	3.50	3.40	0.50	1.00	SP / MALO	NO	CH-20	D	
SEG - 25	750.00	1380+450.00	1381+200.00	3.50	3.50	1.50	1.50	SP / REGULAR	NO	CH-21	I	
SEG - 26	2000.00	1381+200.00	1383+200.00	3.40	3.40	1.40	1.50	SP / REGULAR	NO			
SEG - 27	850.00	1383+200.00	1384+050.00	3.50	3.40	0.90	0.70	SP / REGULAR	NO	CH-22	I	
SEG - 28	1000.00	1384+050.00	1385+050.00	3.45	3.45	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 29	1700.00	1385+050.00	1386+750.00	3.45	3.45	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 30	1300.00	1386+750.00	1388+050.00	3.35	3.35	1.10	1.00	SP / REGULAR	NO	CH-23	D	
SEG - 31	950.00	1388+050.00	1389+000.00	3.25	3.20	2.00	1.00	SP / REGULAR	NO	CH-24	I	
SEG - 32	1900.00	1389+000.00	1390+900.00	3.25	3.25	1.40	1.30	SP / REGULAR	NO			
SEG - 33	2650.00	1390+900.00	1393+550.00	3.25	3.25	1.10	1.10	SP / REGULAR	NO	CH-25	I	
										CH-26	D	
										CH-27	I	
SEG - 34	2250.00	1393+550.00	1395+800.00	3.45	3.50	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 35	1650.00	1395+800.00	1397+450.00	3.35	3.30	1.20	1.20	SP / REGULAR	NO			
SEG - 36	1300.00	1397+450.00	1398+750.00	3.35	3.30	1.10	1.00	SP / REGULAR	NO	CH-28		
SEG - 37	1700.00	1398+750.00	1400+450.00	3.35	3.40	1.10	1.20	SP / REGULAR	NO			
SEG - 38	850.00	1400+450.00	1401+300.00	3.35	3.40	1.10	1.10	SP / REGULAR	NO	CH-29		
SEG - 39	2000.00	1401+300.00	1403+300.00	3.45	3.45	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 40	1400.00	1403+300.00	1404+700.00	3.45	3.45	1.70	1.30	SP / REGULAR	NO	CH-30		
SEG - 41	1450.00	1404+700.00	1406+150.00	3.40	3.53	0.80	0.75	SP / REGULAR	NO			
SEG - 42	1000.00	1406+150.00	1407+150.00	3.45	3.45	1.20	1.20	SP / REGULAR	NO			
SEG - 43	950.00	1407+150.00	1408+100.00	3.45	3.45	1.00	1.50	SP / REGULAR	NO	CH-31	I	
SEG - 44	700.00	1408+100.00	1408+800.00	3.40	3.45	1.20	1.50	SP / REGULAR	NO			
SEG - 45	1200.00	1408+800.00	1410+000.00	3.40	3.40	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 46	400.00	1410+000.00	1410+400.00	3.40	3.40	1.00	1.00	SP / REGULAR	NO			
SEG - 47	911.00	1410+400.00	1411+311.00	3.40	3.45	1.80	1.70	SP / REGULAR	NO			

Fuente: Elaboración propia



Tabla N° 16: Características geométricas de las curvas horizontales.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LAS CURVAS HORIZONTALES								
N° Curva	Inicio	Final	Radio (m)	Longitud (m)	Sobreechanco	Peralte (%)	Sentido	Descripción
CH-01	1364+668.625	1365+048.324	400	379.7	SI	4.4%	I	SEG - 02
CH-02	1365+484.529	1365+621.652	250	137.12	SI	3.5%	D	SEG - 03
CH-03	1366+261.707	1366+370.012	250	108.31	SI	4.9%	D	SEG - 03
CH-04	1366+803.298	1366+916.582	600	113.28	SI	2.5%	D	SEG - 06
CH-05	1367+471.608	1367+690.766	300	219.16	SI	6.6%	D	SEG - 07
CH-06	1367+933.268	1368+039.994	1300	106.73	NO	4.4%	I	SEG - 08
CH-07	1368+908.833	1369+230.880	625	322.05	SI	3.7%	I	SEG - 10
CH-08	1369+699.893	1369+952.958	1150	253.06	NO	1.7%	D	SEG - 12
CH-09	1371+065.419	1371+200.388	350	134.97	SI	4.5%	D	SEG - 14
CH-10	1372+898.933	1373+190.805	400	291.87	SI	3.0%	I	SEG - 16
CH-11	1373+579.421	1373+744.163	900	164.74	SI	1.9%	D	SEG - 17
CH-12	1374+321.944	1374+579.860	350	257.92	NO	4.7%	I	SEG - 18
CH-13	1374+675.993	1374+909.822	200	233.83	SI	4.1%	D	SEG - 18
CH-14	1375+336.570	1375+709.219	300	372.65	SI	6.2%	I	SEG - 20
CH-15	1376+143.336	1376+440.648	205	297.31	SI	0.0%	D	SEG - 21
CH-16	1377+031.873	1377+197.614	900	165.74	NO	1.6%	D	SEG - 22
CH-17	1377+602.195	1377+856.357	200	254.16	SI	5.1%	D	SEG - 22
CH-18	1378+090.454	1378+302.118	200	211.66	SI	6.0%	I	SEG - 22
CH-19	1378+574.590	1378+708.783	900	134.19	NO	2.1%	I	SEG - 23
CH-20	1380+205.522	1380+413.405	520	207.88	SI	1.8%	D	SEG - 24
CH-21	1380+689.321	1381+007.450	500	318.13	SI	7.1%	I	SEG - 25
CH-22	1383+532.549	1383+845.369	400	312.82	SI	7.2%	I	SEG - 27
CH-23	1386+960.665	1387+363.707	500	403.04	SI	5.0%	D	SEG - 30
CH-24	1388+091.864	1388+425.439	1050	333.57	NO	3.0%	I	SEG - 31
CH-25	1391+079.978	1391+337.891	1000	257.91	SI	2.6%	I	SEG - 33
CH-26	1392+200.570	1392+557.781	500	357.21	SI	3.3%	D	SEG - 33
CH-27	1393+205.627	1393+426.269	600	220.64	SI	5.0%	I	SEG - 33
CH-28	1398+513.703	1398+520.362	3000	6.66	NO	0.6%	I	SEG - 36
CH-29	1400+559.023	1400+584.542	3000	25.52	NO	0.7%	D	SEG - 38
CH-30	1404+196.519	1404+207.671	2000	11.15	NO	0.3%	I	SEG - 40
CH-31	1407+528.866	1407+967.803	1500	438.94	SI	2.6%	I	SEG - 43

Fuente: Elaboración propia



Tabla N° 17: Características geométricas de curvas verticales.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LAS CURVAS VERTICALES						
N° Curva	Inicio	Final	Longitud (m)	S(%) de entrada	S(%) de Salida	Tipo
CV-01	1364+558.475	1364+747.261	188.786m	0.03%	0.23%	Cóncava
CV-02	1365+111.095	1365+249.655	138.560m	0.23%	-0.23%	Convexa
CV-03	1365+573.959	1365+857.694	283.736m	-0.23%	0.18%	Cóncava
CV-04	1366+146.510	1366+391.146	244.636m	0.18%	-0.17%	Convexa
CV-05	1366+654.921	1366+886.466	231.545m	-0.17%	0.06%	Cóncava
CV-06	1367+739.733	1367+869.994	130.262m	0.06%	0.19%	Cóncava
CV-07	1368+204.781	1368+590.329	385.548m	0.19%	-0.27%	Convexa
CV-08	1368+692.583	1368+927.638	235.055m	-0.27%	0.32%	Cóncava
CV-09	1369+342.050	1369+637.465	295.416m	0.32%	-0.50%	Convexa
CV-10	1369+938.208	1370+081.953	143.745m	-0.50%	0.46%	Cóncava
CV-11	1370+239.338	1370+405.756	166.418m	0.46%	-0.21%	Convexa
CV-12	1370+896.769	1371+169.993	273.224m	-0.21%	0.21%	Cóncava
CV-13	1371+866.240	1372+016.334	150.094m	0.21%	-0.04%	Convexa
CV-14	1373+117.396	1373+224.763	107.368m	-0.04%	1.04%	Concava
CV-15	1373+547.147	1373+662.780	115.633m	1.04%	-1.28%	Convexa
CV-16	1373+917.247	1374+119.722	202.475m	-1.28%	1.26%	Concava
CV-17	1374+332.023	1374+519.447	187.424m	1.26%	-2.49%	Convexa
CV-18	1374+602.625	1374+693.249	90.624m	-2.49%	0.53%	Concava
CV-19	1375+372.823	1375+534.240	161.417m	0.53%	-1.09%	Convexa
CV-20	1375+835.433	1376+007.906	172.474m	-1.09%	3.84%	Concava
CV-21	1376+142.267	1376+390.623	248.356m	3.84%	-3.25%	Convexa
CV-22	1376+567.620	1376+836.348	268.729m	-3.25%	5.70%	Concava
CV-23	1377+363.494	1377+598.138	234.644m	5.70%	-4.50%	Convexa
CV-24	1377+898.769	1377+978.699	79.930m	-4.50%	-0.50%	Concava
CV-25	1378+235.804	1378+403.429	167.625m	-0.50%	-5.74%	Convexa
CV-26	1378+550.274	1378+713.961	163.688m	-5.74%	0.81%	Concava
CV-27	1379+109.464	1379+274.017	164.553m	0.81%	-0.29%	Convexa
CV-28	1379+526.978	1379+736.153	209.175m	-0.29%	5.69%	Concava
CV-29	1380+057.761	1380+285.472	227.710m	5.69%	-3.80%	Convexa
CV-30	1380+402.813	1380+547.179	144.366m	-3.80%	-0.19%	Concava
CV-31	1380+661.254	1380+866.116	204.862m	-0.19%	-2.92%	Convexa
CV-32	1380+979.144	1381+384.703	405.559m	-2.92%	-0.90%	Concava
CV-33	1381+560.013	1381+618.217	58.204m	-0.90%	-1.48%	Convexa
CV-34	1381+845.126	1382+250.664	405.539m	-1.48%	-0.08%	Concava
CV-35	1382+984.863	1383+364.012	379.149m	-0.08%	3.71%	Concava
CV-36	1383+644.386	1383+837.019	192.633m	3.71%	-3.42%	Convexa
CV-37	1383+914.173	1384+238.148	323.975m	-3.42%	-0.18%	Concava
CV-38	1384+727.929	1384+963.156	235.227m	-0.18%	-1.36%	Convexa
CV-39	1385+083.741	1385+811.418	727.677m	-1.36%	0.01%	Concava
CV-40	1387+444.530	1387+609.359	164.829m	0.01%	0.84%	Concava
CV-41	1387+958.284	1388+448.998	490.713m	0.84%	-0.39%	Convexa



CV-42	1388+502.183	1388+637.715	135.532m	-0.39%	0.29%	Concava
CV-43	1389+336.516	1389+425.304	88.788m	0.29%	-0.30%	Convexa
CV-44	1390+284.967	1391+760.134	1,475.167m	-0.30%	0.43%	Concava
CV-45	1392+728.595	1393+106.676	378.081m	0.43%	-0.20%	Convexa
CV-46	1394+263.955	1394+344.534	80.579m	-0.20%	-0.03%	Concava
CV-47	1395+402.855	1395+574.543	171.688m	-0.03%	0.82%	Concava
CV-48	1395+659.781	1395+957.985	298.204m	0.82%	-0.11%	Convexa
CV-49	1396+407.606	1396+511.632	104.026m	-0.11%	0.76%	Concava
CV-50	1396+659.947	1396+736.081	76.134m	0.76%	0.38%	Convexa
CV-51	1397+097.621	1397+199.815	102.195m	0.38%	0.09%	Convexa
CV-52	1397+764.321	1397+824.597	60.276m	0.09%	-0.05%	Convexa
CV-53	1397+996.779	1398+168.267	171.488m	-0.05%	0.26%	Concava
CV-54	1398+381.863	1398+431.842	49.979m	0.26%	-0.30%	Convexa
CV-55	1398+821.155	1398+865.596	44.440m	-0.30%	0.15%	Concava
CV-56	1399+117.397	1399+248.204	130.807m	0.15%	-0.29%	Convexa
CV-57	1399+275.105	1399+314.342	39.237m	-0.29%	-0.09%	Concava
CV-58	1399+670.559	1399+731.318	60.759m	-0.09%	-0.18%	Convexa
CV-59	1400+236.198	1400+281.646	45.447m	-0.18%	0.28%	Concava
CV-60	1400+494.460	1400+540.329	45.869m	0.28%	-0.18%	Convexa
CV-61	1400+778.164	1400+874.895	96.730m	-0.18%	0.14%	Concava
CV-62	1401+987.348	1402+006.265	18.917m	0.14%	0.77%	Concava
CV-63	1402+228.446	1402+501.809	273.364m	0.77%	-0.47%	Convexa
CV-64	1402+927.798	1402+954.488	26.690m	-0.47%	-0.14%	Concava
CV-65	1403+398.156	1403+473.556	75.400m	-0.14%	0.36%	Concava
CV-66	1404+137.760	1404+238.423	100.663m	0.36%	-0.14%	Convexa
CV-67	1404+486.754	1404+657.006	170.252m	-0.14%	0.99%	Concava
CV-68	1404+813.976	1404+927.926	113.950m	0.99%	-0.14%	Convexa
CV-69	1405+145.360	1405+212.611	67.250m	-0.14%	0.53%	Concava
CV-70	1405+435.631	1405+574.448	138.817m	0.53%	0.30%	Convexa
CV-71	1406+010.859	1406+071.328	60.469m	0.30%	0.60%	Concava
CV-72	1406+396.778	1406+478.281	81.503m	0.60%	1.14%	Concava
CV-73	1406+647.620	1406+690.176	42.556m	1.14%	0.29%	Convexa
CV-74	1406+832.854	1406+959.632	126.778m	0.29%	1.35%	Concava
CV-75	1407+211.927	1407+413.131	201.205m	1.35%	-0.66%	Convexa
CV-76	1407+538.423	1407+698.429	160.006m	-0.66%	-0.13%	Concava
CV-77	1407+957.574	1408+015.502	57.927m	-0.13%	-0.42%	Convexa
CV-78	1408+473.182	1408+546.115	72.934m	-0.42%	-0.53%	Convexa
CV-79	1408+969.227	1409+076.261	107.035m	-0.53%	-0.35%	Concava
CV-80	1409+628.850	1409+678.777	49.927m	-0.35%	-0.85%	Convexa
CV-81	1410+284.301	1410+432.412	148.111m	-0.85%	0.64%	Cóncava
CV-82	1410+638.884	1410+709.174	70.290m	0.64%	0.05%	Convexa

Fuente: Elaboración propia



3.5.1.3 Evaluación de parámetros actuales con la normativa vigente

La carretera en estudio de acuerdo a su estudio de tráfico tiene un IMDA promedio de 5231 vehículos por día, el mismo que lo clasifica según el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018 como una autopista de segunda clase, sin embargo, en la actualidad la carretera en estudio cumple la función de una carretera de primera clase.

Parámetros básicos de evaluación (dg-2018)

Tipo de vía	: Carretera de primera clase (para el análisis)
Orografía	: Plano y ondulado
Velocidad	: 35 y 50 km/h
N° de carril	: 2 carriles
Ancho de carril	: 3.60 m.
Ancho de berma	: 2.60 m.
Angulo de deflexión	: 1° 50'
Radio mínimo	: 50.00 y 85.00 m. (según velocidad)
Long. Curva min.	: 84 y 139 (según velocidad)
Long. Curva máx.	: 500 y 835 (según velocidad)
Peralte absoluto	: 8.0 %
Peralte normal	: 6.0 %
Pendiente máx.	: 7.0 %
Pendiente min.	: 0.2 %
Tangente máxima	: 835.00 m.
Bombeo	: - 2.00 %

El diseño geométrico horizontal debe brindar las condiciones adecuadas para la transitabilidad segura de los usuarios de la vía, cumpliendo con los parámetros mínimos y máximos de sus elementos como son, el radio de curvatura, peralte y tangentes establecidos en el manual de diseño geométrico de carretera DG-2018.

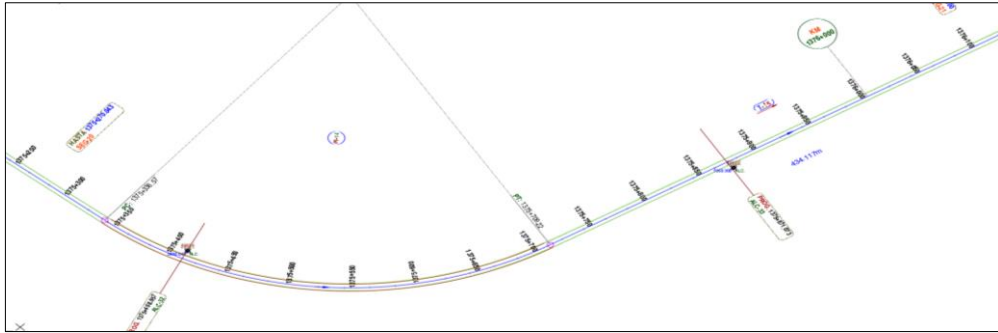


Figura N° 31: Diseño geométrico en planta.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 18: Comparación del diseño con la normativa DG-2018.

N° CURVA	PROGRESIVA		VELOCIDAD DE DISEÑO	RADIO		L CURVA		ÁNGULO DE DEFLEXIÓN		SITUACIÓN	CAMPO	SITUACIÓN	CAMPO	ÁNGULO DE DEFLEXIÓN	SITUACIÓN
	PC	PT		CAMPO (m)	DG-2018 (m)	SITUACIÓN	CAMPO (m)	DG-2018 (m)	DG-2018						
CH-01	1364+668.625	1365+048.324	50-80 Km/h	400	85	CUMPLE	379.7	150	CUMPLE	54°23'15"	1°50'	CUMPLE	54°23'15"	1°50'	CUMPLE
CH-02	1365+484.529	1365+621.652	35-80 Km/h	250	45	CUMPLE	137.12	105	CUMPLE	31°25'35"	2°30'	CUMPLE	31°25'35"	2°30'	CUMPLE
CH-03	1366+261.707	1366+370.012	50-80 Km/h	250	85	CUMPLE	108.31	150	CUMPLE	24°49'18"	1°50'	NO CUMPLE	24°49'18"	1°50'	CUMPLE
CH-04	1366+803.298	1366+916.582	50-80 Km/h	600	85	CUMPLE	113.28	150	CUMPLE	10°49'04"	1°50'	NO CUMPLE	10°49'04"	1°50'	CUMPLE
CH-05	1367+471.608	1367+690.766	35-80 Km/h	300	45	CUMPLE	219.16	105	CUMPLE	41°51'22"	2°30'	CUMPLE	41°51'22"	2°30'	CUMPLE
CH-06	1367+933.268	1368+039.994	35-80 Km/h	1300	45	CUMPLE	106.73	105	CUMPLE	4°42'14"	2°30'	CUMPLE	4°42'14"	2°30'	CUMPLE
CH-07	1368+908.833	1369+230.880	35-80 Km/h	625	45	CUMPLE	322.05	105	CUMPLE	29°31'23"	2°30'	CUMPLE	29°31'23"	2°30'	CUMPLE
CH-08	1369+699.893	1369+952.958	50-80 Km/h	1150	85	CUMPLE	253.06	150	CUMPLE	12°36'30"	1°50'	CUMPLE	12°36'30"	1°50'	CUMPLE
CH-09	1371+065.419	1371+200.388	50-80 Km/h	350	85	CUMPLE	134.97	150	CUMPLE	22°05'41"	1°50'	CUMPLE	22°05'41"	1°50'	CUMPLE
CH-10	1372+898.933	1373+190.805	50-80 Km/h	400	85	CUMPLE	291.87	150	CUMPLE	41°48'27"	1°50'	CUMPLE	41°48'27"	1°50'	CUMPLE
CH-11	1373+579.421	1373+744.163	50-80 Km/h	900	85	CUMPLE	164.74	150	CUMPLE	10°29'16"	1°50'	CUMPLE	10°29'16"	1°50'	CUMPLE
CH-12	1374+321.944	1374+579.860	50-80 Km/h	350	85	CUMPLE	257.92	150	CUMPLE	42°13'17"	1°50'	CUMPLE	42°13'17"	1°50'	CUMPLE
CH-13	1374+675.993	1374+909.822	50-80 Km/h	200	85	CUMPLE	233.83	150	CUMPLE	66°59'13"	1°50'	CUMPLE	66°59'13"	1°50'	CUMPLE
CH-14	1375+336.570	1375+709.219	50-80 Km/h	300	85	CUMPLE	372.65	150	CUMPLE	71°10'15"	1°50'	CUMPLE	71°10'15"	1°50'	CUMPLE
CH-15	1376+143.336	1376+440.648	35-80 Km/h	205	45	CUMPLE	297.31	105	CUMPLE	83°05'47"	2°30'	CUMPLE	83°05'47"	2°30'	CUMPLE
CH-16	1377+031.873	1377+197.614	35-80 Km/h	900	45	CUMPLE	165.74	105	CUMPLE	10°33'05"	2°30'	CUMPLE	10°33'05"	2°30'	CUMPLE
CH-17	1377+602.195	1377+856.357	35-80 Km/h	200	45	CUMPLE	254.16	105	CUMPLE	72°48'43"	2°30'	CUMPLE	72°48'43"	2°30'	CUMPLE
CH-18	1378+090.454	1378+302.118	35-80 Km/h	200	45	CUMPLE	211.66	105	CUMPLE	60°38'14"	2°30'	CUMPLE	60°38'14"	2°30'	CUMPLE
CH-19	1378+574.590	1378+708.783	50-80 Km/h	900	85	CUMPLE	134.19	150	CUMPLE	8°32'35"	1°50'	CUMPLE	8°32'35"	1°50'	CUMPLE
CH-20	1380+205.522	1380+413.405	50-80 Km/h	520	85	CUMPLE	207.88	150	CUMPLE	22°54'20"	1°50'	CUMPLE	22°54'20"	1°50'	CUMPLE
CH-21	1380+689.321	1381+007.450	50-80 Km/h	500	85	CUMPLE	318.13	150	CUMPLE	36°27'18"	1°50'	CUMPLE	36°27'18"	1°50'	CUMPLE
CH-22	1383+532.549	1383+845.369	50-80 Km/h	400	85	CUMPLE	312.82	150	CUMPLE	44°48'30"	1°50'	CUMPLE	44°48'30"	1°50'	CUMPLE
CH-23	1386+960.665	1387+363.707	35-80 Km/h	500	45	CUMPLE	403.04	105	CUMPLE	46°11'06"	2°30'	CUMPLE	46°11'06"	2°30'	CUMPLE
CH-24	1388+091.864	1388+425.439	50-80 Km/h	1050	85	CUMPLE	333.57	150	CUMPLE	18°12'08"	1°50'	CUMPLE	18°12'08"	1°50'	CUMPLE
CH-25	1391+079.978	1391+337.891	35-80 Km/h	1000	45	CUMPLE	257.91	105	CUMPLE	14°46'38"	2°30'	CUMPLE	14°46'38"	2°30'	CUMPLE
CH-26	1392+200.570	1392+557.781	35-80 Km/h	500	45	CUMPLE	357.21	105	CUMPLE	40°56'00"	2°30'	CUMPLE	40°56'00"	2°30'	CUMPLE
CH-27	1393+205.627	1393+426.269	35-80 Km/h	600	45	CUMPLE	220.64	105	CUMPLE	21°09'08"	2°30'	CUMPLE	21°09'08"	2°30'	CUMPLE
CH-28	1398+513.703	1398+520.362	50-80 Km/h	3000	85	CUMPLE	6.66	150	NO CONSIDERAR	0°07'38"	1°50'	NO CONSIDERAR	0°07'38"	1°50'	NO CUMPLE
CH-29	1400+559.023	1400+584.542	50-80 Km/h	3000	85	CUMPLE	25.52	150	NO CONSIDERAR	0°29'15"	1°50'	NO CONSIDERAR	0°29'15"	1°50'	NO CUMPLE
CH-30	1404+196.519	1404+207.671	50-80 Km/h	2000	85	CUMPLE	11.15	150	NO CONSIDERAR	0°19'10"	1°50'	NO CONSIDERAR	0°19'10"	1°50'	NO CUMPLE
CH-31	1407+528.866	1407+967.803	50-80 Km/h	1500	85	CUMPLE	438.94	150	CUMPLE	16°45'58"	1°50'	CUMPLE	16°45'58"	1°50'	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 32: Curva afectado por el entorno de la vía CH – 03.

Fuente: Elaboración propia

Curva CH-03, ubicada en la progresiva 1366+300, afectada por el entorno de la vía, con entrada y salida de vehículos del Hotel, el mismo que obliga la reducción de la velocidad de circulación a 35 Km/h, la incorporación de un puente peatonal a una altura de 5.80m ayuda en el cruce del personal de servicio y huésped del hospedaje sin riesgo de atropello.



Figura N° 33: Escalera construida sobre cuneta de la curva CH-15

Fuente: Elaboración propia

Curva CH-15, diseño de curva afectado por el entorno de la vía al presentar talud, vegetación, y escaleras construidos sobre la cuneta con empalme directo a la calzada.



Figura N° 34: *Tramos de tangente largo progresiva 1381+500*

Fuente: Elaboración propia

En la imagen se muestra el tramo desde Camacani hasta Platería de donde se tiene un trayecto en línea recta de 2.525 Km de longitud al igual que este tramo tenemos varios tramos que en donde la tangente excede la longitud máxima según el manual DG-2018.



Figura N° 35: *tramos de tangente largo progresiva 1403+300*

Fuente: Elaboración propia

En esta imagen se visualiza el tramo con una tangente horizontal demasiado larga, que inicia desde la progresiva 1393+426 que está a la salida de la ciudad de Acora hasta la progresiva 1407+528 ya próximo de llegar a la ciudad de Ilave. Con una longitud de 14.10 Km. Y 3 curvas horizontales con ángulos de deflexión menores a $1^{\circ}50'$, por lo que para el análisis no se considera como curva, con una orografía plana.

En el caso del diseño vertical de la carretera en estudio cumple con todas las condiciones, para brindar una adecuada transitabilidad, debido a que la carretera atraviesa

zonas planas en su mayoría a excepción de algunas zonas del distrito de Chucuito iniciando desde la progresiva 1375+800 hasta la progresiva 1384+000 que presenta una orografía ondulada con pendientes ligeras.

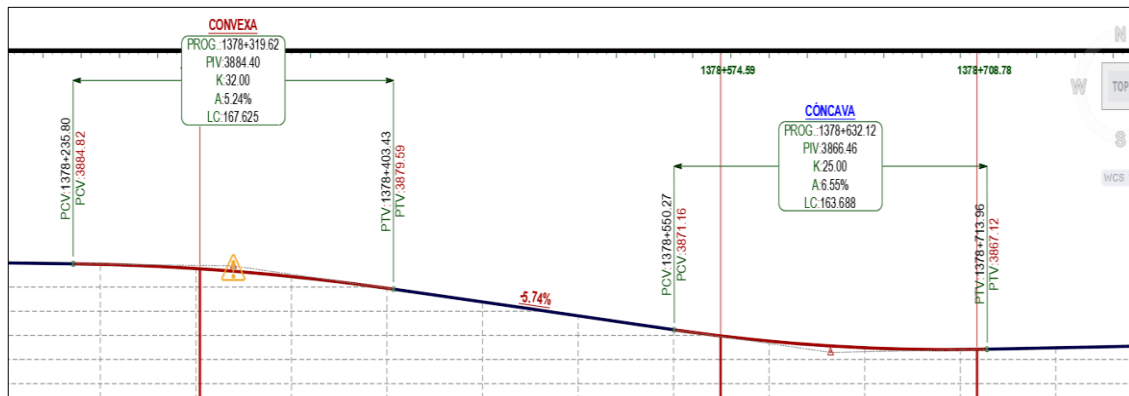


Figura N° 36: Diseño de Perfil de la carretera

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: Comparación de longitudes de tangentes con la normativa DG-2018.

LONGITUD TRAMOS EN TANGENTE							
TANGENTE	PROGRESIVA		VEL. DE DISEÑO (Km/h)	CAMPO (m)	DG-2018 (m)		SITUACIÓN
					L Min.	L Max.	
T-01	1363+815.000	1364+668.625	50	853.625	139	835	NO CUMPLE
T-02	1365+048.324	1365+484.529	35	436.205	98	584	CUMPLE
T-03	1365+621.652	1366+261.707	50	640.055	139	835	CUMPLE
T-04	1366+370.012	1366+803.298	50	433.286	139	835	CUMPLE
T-05	1366+916.582	1367+471.608	35	555.026	98	584	CUMPLE
T-06	1367+690.766	1367+933.268	35	242.502	98	584	CUMPLE
T-07	1368+039.994	1368+908.833	35	868.839	98	584	NO CUMPLE
T-08	1369+230.880	1369+699.893	50	469.013	139	835	CUMPLE
T-09	1369+952.958	1371+065.419	50	1112.461	139	835	NO CUMPLE
T-10	1371+200.388	1372+898.933	35	1698.545	98	584	NO CUMPLE
T-11	1373+190.805	1373+579.421	50	388.616	139	835	CUMPLE
T-12	1373+744.163	1374+321.944	50	577.781	139	835	CUMPLE
T-13	1374+579.860	1374+675.993	50	96.133	139	835	CUMPLE
T-14	1374+909.822	1375+336.570	50	426.748	139	835	CUMPLE
T-15	1375+709.219	1376+143.336	35	434.117	98	584	CUMPLE
T-16	1376+440.648	1377+031.873	35	591.225	98	584	CUMPLE
T-17	1377+197.614	1377+602.195	35	404.581	98	584	CUMPLE

T-18	1377+856.357	1378+090.454	35	234.097	98	584	CUMPLE
T-19	1378+302.118	1378+574.590	50	272.472	139	835	CUMPLE
T-20	1378+708.783	1380+205.522	50	1496.739	139	835	NO CUMPLE
T-21	1380+413.405	1380+689.321	50	275.916	139	835	CUMPLE
T-22	1381+007.450	1383+532.549	50	2525.099	139	835	NO CUMPLE
T-23	1383+845.369	1386+960.665	50	3115.296	139	835	NO CUMPLE
T-24	1387+363.707	1388+091.864	35	728.157	98	584	CUMPLE
T-25	1388+425.439	1391+079.978	50	2654.539	139	835	NO CUMPLE
T-26	1391+337.891	1392+200.570	35	862.679	98	584	NO CUMPLE
T-27	1392+557.781	1393+205.627	35	647.846	98	584	CUMPLE
T-28	1393+426.269	1398+513.703	50	5087.434	139	835	NO CUMPLE
T-29	1398+520.362	1400+559.023	50	2038.661	139	835	NO CUMPLE
T-30	1400+584.542	1404+196.519	50	3611.977	139	835	NO CUMPLE
T-31	1404+207.671	1407+528.866	50	3321.195	139	835	NO CUMPLE
T-32	1407+967.803	1411+311.060	50	3343.257	139	835	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las secciones transversales para la verificación de la información de campo nos guiamos del levantamiento topográfico y corroboramos la información con cinta métrica y nivel de ingeniero; se midieron los anchos de carril obteniendo un valor de 3.40m por carril y una berma variable de 1.20m no pavimentadas con un desnivel, los mismos que no cumplen con las condiciones mínimas de transitabilidad para el tipo de vía al que clasifica además esto incrementa el índice de peligrosidad para los peatones, ciclistas y motociclistas.



Figura N° 37: Progresiva 377+700

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 20: Comparación de la sección transversal con la normativa DG-2018.

SEGMENTO	PROGRESIVA		CALZADA		BERMA		SOBREANCHO		PERALTE (%)					
	PC	PT	CAMPO (m)	DG-2018 (m)	SITUACIÓN	CAMPO (m)	DG-2018 (m)	SITUACIÓN	CAMPO	DG-2018	SITUACIÓN			
CH-01	1364+668.625	1365+048.324	3.50	3.60	NO CUMPLE	1.00	2.60	NO CUMPLE	0.33	0.38	NO CUMPLE	4.4%	3.9%	CUMPLE
CH-02	1365+484.529	1365+621.652	3.40	3.60	NO CUMPLE	0.90	2.60	NO CUMPLE	0.40	0.43	NO CUMPLE	3.5%	3.5%	CUMPLE
CH-03	1366+261.707	1366+370.012	3.45	3.60	NO CUMPLE	1.40	2.60	NO CUMPLE	0.30	0.53	NO CUMPLE	4.9%	5.1%	NO CUMPLE
CH-04	1366+803.298	1366+916.582	3.40	3.60	NO CUMPLE	1.00	2.60	NO CUMPLE	0.22	0.29	NO CUMPLE	2.5%	2.6%	NO CUMPLE
CH-05	1367+471.608	1367+690.766	3.40	3.60	NO CUMPLE	1.00	2.60	NO CUMPLE	0.33	0.38	NO CUMPLE	6.6%	2.2%	CUMPLE
CH-06	1367+933.268	1368+039.994	3.40	3.60	NO CUMPLE	0.90	2.60	NO CUMPLE	0.00	0.14	NO CUMPLE	4.4%	1.3%	CUMPLE
CH-07	1368+908.833	1369+230.880	3.40	3.60	NO CUMPLE	1.05	2.60	NO CUMPLE	0.15	0.23	NO CUMPLE	3.7%	2.6%	CUMPLE
CH-08	1369+699.893	1369+952.958	3.40	3.60	NO CUMPLE	0.90	2.60	NO CUMPLE	0.10	0.19	NO CUMPLE	1.7%	1.6%	CUMPLE
CH-09	1371+065.419	1371+200.388	3.40	3.60	NO CUMPLE	0.70	2.60	NO CUMPLE	0.40	0.42	CUMPLE	4.5%	4.2%	CUMPLE
CH-10	1372+898.933	1373+190.805	3.45	3.60	NO CUMPLE	0.95	2.60	NO CUMPLE	0.40	0.38	CUMPLE	3.0%	3.8%	NO CUMPLE
CH-11	1373+579.421	1373+744.163	3.45	3.60	NO CUMPLE	0.70	2.60	NO CUMPLE	0.20	0.23	NO CUMPLE	1.9%	1.8%	CUMPLE
CH-12	1374+321.944	1374+579.860	3.40	3.60	NO CUMPLE	0.70	2.60	NO CUMPLE	0.20	0.42	NO CUMPLE	4.7%	4.2%	CUMPLE
CH-13	1374+675.993	1374+909.822	3.40	3.60	NO CUMPLE	1.15	2.60	NO CUMPLE	0.40	0.62	NO CUMPLE	4.1%	5.8%	NO CUMPLE
CH-14	1375+336.570	1375+709.219	3.50	3.60	NO CUMPLE	1.00	2.60	NO CUMPLE	0.40	0.47	NO CUMPLE	6.2%	4.6%	CUMPLE
CH-15	1376+143.336	1376+440.648	3.50	3.60	NO CUMPLE	0.90	2.60	NO CUMPLE	0.50	0.50	CUMPLE	6.0%	2.5%	CUMPLE
CH-16	1377+031.873	1377+197.614	3.40	3.60	NO CUMPLE	0.90	2.60	NO CUMPLE	0.25	0.18	CUMPLE	1.6%	0.9%	CUMPLE
CH-17	1377+602.195	1377+856.357	3.50	3.60	NO CUMPLE	0.70	2.60	NO CUMPLE	0.50	0.51	CUMPLE	4.1%	2.6%	CUMPLE
CH-18	1378+090.454	1378+302.118	3.50	3.60	NO CUMPLE	0.90	2.60	NO CUMPLE	0.50	0.51	CUMPLE	6.0%	2.6%	CUMPLE
CH-19	1378+574.590	1378+708.783	3.50	3.60	NO CUMPLE	1.00	2.60	NO CUMPLE	0.10	0.23	NO CUMPLE	2.1%	1.8%	CUMPLE
CH-20	1380+205.522	1380+413.405	3.45	3.60	NO CUMPLE	0.75	2.60	NO CUMPLE	0.25	0.32	NO CUMPLE	1.8%	3.1%	NO CUMPLE
CH-21	1380+689.321	1381+007.450	3.50	3.60	NO CUMPLE	0.75	2.60	NO CUMPLE	0.50	0.33	CUMPLE	7.1%	3.1%	CUMPLE
CH-22	1383+532.549	1383+845.369	3.40	3.60	NO CUMPLE	0.80	2.60	NO CUMPLE	0.30	0.38	NO CUMPLE	7.2%	3.8%	CUMPLE
CH-23	1386+960.665	1387+363.707	3.35	3.60	NO CUMPLE	1.05	2.60	NO CUMPLE	0.30	0.26	CUMPLE	5.0%	1.5%	CUMPLE
CH-24	1388+091.864	1388+425.439	3.25	3.60	NO CUMPLE	1.50	2.60	NO CUMPLE	0.15	0.21	NO CUMPLE	3.0%	1.6%	CUMPLE
CH-25	1391+079.978	1391+337.891	3.25	3.60	NO CUMPLE	0.70	2.60	NO CUMPLE	0.10	0.16	NO CUMPLE	2.6%	0.8%	CUMPLE
CH-26	1392+200.570	1392+557.781	3.30	3.60	NO CUMPLE	1.50	2.60	NO CUMPLE	0.30	0.26	CUMPLE	3.3%	1.5%	CUMPLE
CH-27	1393+205.627	1393+426.269	3.30	3.60	NO CUMPLE	1.10	2.60	NO CUMPLE	0.30	0.23	CUMPLE	5.0%	1.3%	CUMPLE
CH-28	1398+513.703	1398+520.362	3.30	3.60	NO CUMPLE	1.05	2.60	NO CUMPLE	0.00	0.00	NO CONSIDERAR	0.6%	0.5%	CUMPLE
CH-29	1400+559.023	1400+584.542	3.35	3.60	NO CUMPLE	1.10	2.60	NO CUMPLE	0.00	0.00	NO CONSIDERAR	0.7%	0.5%	CUMPLE
CH-30	1404+196.519	1404+207.671	3.40	3.60	NO CUMPLE	1.10	2.60	NO CUMPLE	0.00	0.00	NO CONSIDERAR	0.3%	0.9%	NO CUMPLE
CH-31	1407+528.866	1407+967.803	3.45	3.60	NO CUMPLE	1.25	2.60	NO CUMPLE	0.25	0.16	CUMPLE	2.6%	1.1%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 38: Inicio del tramo en estudio progresiva 1363+815

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 38, muestra el inicio del tramo de estudio de la presente investigación, en la cual se presenta un ancho de calzada asfaltada de 6.80 metros, 3.40 m. cada carril, berma variable de afirmado y con vegetación con un mínimo de 1.50 m.



Figura N° 39: Ahuellamiento en el pavimento progresiva: 1377+500

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 39, muestra la travesía urbana en Chucuito, en donde se tiene un espacio que cumple la función como paradero y/o carril de desaceleramiento, el ancho de calzada asfaltada de 6.80 metros, 3.40 m. cada carril se mantienen, con bermas en condiciones de deterioro a causa de la erosión por las precipitaciones pluviales.



Figura N° 40: Tramo de vía con berma vegetada progresiva 1405+300

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 40, muestra por inmediaciones del centro poblado de Culta – Acora en la cual un aproximado de 5 kilómetros presenta la berma completamente vegetada y erosionada, con una superficie de rodadura en estado regular con un ancho de 6.90 m. de calzada.



Figura N° 41: Fin del tramo progresiva: 1411+311

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 41, muestra el final del tramo en estudio en el ingreso a la ciudad de Ilave, pocos metros antes de la unidad de Peaje Ilave.

El pavimento del tramo en estudio es uno de los problemas latentes en cualquier vía, y el pavimento de esta carretera presenta tramos con un grado de deterioro bastante avanzado, además es preciso mencionar que el manual de diseño geométrico menciona que la pavimentación debe realizarse tanto en el ancho de carril y berma de ambos extremos.



Figura N° 42: Berma sin pavimentar progresiva 1365+300

Fuente: Elaboración propia

El imagen N° 42, muestra la calzada pavimentada en un buen estado y berma deteriorada a desnivel sin pavimentar, estas condiciones se presentan desde el inicio del tramo en la progresiva 1363+815 en el segmento 01 hasta la curva CH-07 en el segmento 11, pasando el puesto de control Ojherani.



Figura N° 43: Borde de calzada en mal estado progresiva 1367+600 curva CH-05

Fuente: Elaboración propia

En la curva CH-05 tenemos un deterioro del ancho de la calzada del lado derecho, y por consiguiente se reduce el sobre ancho en la curva además presenta un desnivel de la berma bastante pronunciada.



Figura N° 44: Baches en el pavimento progresiva 1370+500

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 44, muestra la carpeta asfáltica acolchonada el cual provocaría el descontrol del vehículo que transita a alta velocidad. Haciendo este espacio una zona de peligro generado por el pavimento.



Figura N° 45: Deformaciones en el pavimento progresiva 1372+700

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 45, corresponde al tramo del segmento 16 el cual muestra en la totalidad del tramo una superficie de rodadura en condiciones deficientes, con muchos parches, agrietamiento y acolchonado de los bordes, o también conocido como efecto piel de cocodrilo.



Figura N° 46: Pavimento y berma en mal estado progresiva 1377+400

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 46, se puede observar ahuellamientos en el pavimento muy profundos, la berma muy deteriorada por efecto de la lluvia, en la intersección del paradero Chucuito y en todo el trayecto de la travesía urbana de la ciudad de Chucuito, la berma en mal estado con presencia de huecos acumulados de agua que deterioran la carpeta asfáltica.



Figura N° 47: Presencia de parches en la calzada progresiva 1380+000

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 47, de la progresiva 1380+000 es una imagen representativa de un tramo de aproximadamente 700 metros, con un pavimento con bastantes ondulaciones a causa de los parches como medida de mantenimiento a las grietas o huecos en la superficie de rodadura.



Figura N° 48: *Hidroplaneo progresiva 1385+300*

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 48, nos muestra el tramo en tangente que inicia en el Centro Poblado de Camacani hasta el ingreso a la ciudad de Platería, en el cual el pavimento sufre deformaciones, hundimientos en las cuales se estanca el agua, los vehículos al atravesar el lugar generan esfuerzos de carga y ocasionan que el agua se meta por las pequeñas grietas hacia la base de la carpeta asfáltica.



Figura N° 49: *Parches en pavimento progresiva 1406+400*

Fuente: Elaboración propia

La figura N° 49, muestra el tramo del segmento 42 en el cual el tramo en su totalidad tiene deformación en la carpeta asfáltica causados por los parches como medida de mantenimiento vial.

3.5.1.4 Análisis descriptivo del diseño geométrico de la vía.

Con respecto a los parámetros de diseño geométrico las curvas cumplen con los parámetros establecidos por el manual a excepción de la curva CH-28, CH29 y CH-30 que no cumplen con el ángulo de deflexión mínimo para una velocidad de diseño de 50



Km/h. mas no se podría decir lo mismo en el caso de las tangentes, de las 32 tangentes horizontales 14 exceden la longitud máxima establecida por el manual, con respecto al perfil longitudinal por ser un tramo plano – ondulado no se tiene inconvenientes en el tema de visibilidad, en el caso de la sección transversal no se cumple con los anchos mínimos establecidos además de no tener una berma pavimentada. En la mayoría del tramo en estudio se tiene la presencia de peatones, ciclistas y motociclistas que circulan a lo largo de la carretera, los mismos que son investidos, arrastrados y/o atropellados por vehículos que transitan a alta velocidad, tipología de accidente que representa por el 29% del total de accidentes y segundo en frecuencia de sucesos.

3.5.2 ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR (IMDA)

Para determinar el Índice Medio Diario Anual, producto final del estudio de tráfico es necesario contar con información primaria, que son los aforos vehiculares de la carretera en estudio para luego efectuar trabajos de gabinete y llevar acabo el análisis de los resultados y por otro lado también requerimos de la información secundaria, que son los documentos oficiales del IMDA y factores de corrección y/o información para el cálculo de los factores, existentes en las plataformas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, INEI u otras entidades.

3.5.2.1 Planificación e identificación de las estaciones de conteo

Los puntos de aforo vehicular se definieron de una manera estratégica para determinar la cantidad la cantidad real del flujo vehicular, considerando los desvíos y rutas cortas de los distritos dentro del tramo en estudio.



Figura N° 50: Ubicación de estaciones de aforo vehicular.

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 21: Cuadro de coordenadas de estaciones de aforo vehicular

ESTACIÓN	COORD. NORTE	COORD. ESTE	REFERENCIA.
E – 01	8°245,882.53 m	394,234.92 m	Inicio de la primera curva
E – 02	8°236,829.63m	410,905.49m	Ingreso a Platería
E – 03	8°223,408.20m	427,138.96m	Desvío com. Challacollo

Fuente: Elaboración propia.

Características de las estaciones de conteo

Para la toma de datos del conteo vehicular se utilizó formatos adaptados al formato de conteo vehicular publicada por el MTC, y cumpliendo en lo posible con las condiciones establecidas para la obtención de datos bastante fiables.

Tabla N° 22: Características de la estación de aforo.

ESTACIÓN	UBICACIÓN	SENTIDO	N° DÍAS	INICIO	TERMINO	HORARIO
E-01	Desv. Jayllihuaya	Ambos	7	9/11/2019	15/11/2019	5:00 - 22:00
E-02	Distrito de Platería	Ambos	7	9/11/2019	15/11/2019	5:00 - 22:00
E-03	Desv. Com. Challacollo	Ambos	7	9/11/2019	15/11/2019	5:00 - 22:00

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 51: Personal de la cuadrilla de conteo vehicular en la estación E-01.

Fuente: elaboración propia.



Figura N° 52: Personal de la cuadrilla de conteo vehicular en la estación E-02.

Fuente: elaboración propia.



Figura N° 53: Personal de la cuadrilla de conteo vehicular en la estación E-02.

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.2 Resumen del conteo vehicular por estaciones.

Tabla N° 23: Conteo vehicular estación E-01 (Ambos sentidos Puno – Ilave).

TRAMO DE LA CARRETERA		FORMATO DE CONTEO VEHICULAR POR VIA - CLASIFICACION VEHICULAR										ESTACION					
SENTIDO		CARRETERA PUNO - ILAVE										CODIGO DE LA ESTACION					
UBICACION		AMBOS SENTIDOS										FECHA:					
HORA	VEHICULOS MENORES										BUSES			CAMIONES			OTROS
	BICICLETA	MOTO	M. TAXI	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	COMBI	BUS B2	BUS CAMA B4-1	CAMION C2	CAMION C3	CAMION T2S3	CAMION T2Se3	CAMION T3S3			
VEHICULOS LIVIANOS		CACIONETAS		BUSES		CAMIONES			OTROS								
CARRETERA PUNO - ILAVE		AMBOS SENTIDOS		CARRETERA PUNO - ILAVE		AMBOS SENTIDOS		CARRETERA PUNO - ILAVE		AMBOS SENTIDOS		CARRETERA PUNO - ILAVE		AMBOS SENTIDOS			
DESUDIO JALLIWAYA - PUNO		DESUDIO JALLIWAYA - PUNO		DESUDIO JALLIWAYA - PUNO		DESUDIO JALLIWAYA - PUNO		DESUDIO JALLIWAYA - PUNO		DESUDIO JALLIWAYA - PUNO		DESUDIO JALLIWAYA - PUNO		DESUDIO JALLIWAYA - PUNO			
05:00 - 05:30	0	1	1	166	49	79	309	1	6	7	0	0	0	0	0		
05:30 - 06:00	0	7	10	207	71	99	377	9	13	11	7	0	0	0	0		
06:00 - 06:30	0	10	14	262	77	120	510	11	7	16	7	0	0	0	0		
06:30 - 07:00	0	13	12	314	92	150	652	16	6	13	4	1	0	0	0		
07:00 - 07:30	0	18	19	378	99	186	788	23	10	31	9	4	0	0	2		
07:30 - 08:00	2	24	26	438	113	153	755	21	7	45	5	7	3	0	4		
08:00 - 08:30	1	23	20	385	99	159	601	18	6	49	10	2	2	0	11		
08:30 - 09:00	1	19	17	305	88	191	521	11	2	40	6	6	6	6	12		
09:00 - 09:30	0	12	10	303	76	166	486	14	13	59	12	0	4	4	13		
09:30 - 10:00	1	10	16	319	85	151	452	12	1	51	14	1	0	0	12		
10:00 - 10:30	3	19	14	271	101	150	422	10	0	61	15	2	0	0	7		
10:30 - 11:00	1	14	9	289	79	158	434	8	1	46	8	1	1	1	14		
11:00 - 11:30	2	15	14	260	75	160	414	7	3	59	11	3	0	0	10		
11:30 - 12:00	1	13	19	266	88	138	397	12	4	53	11	0	1	1	16		
12:00 - 12:30	2	15	16	286	101	155	403	13	9	40	8	0	0	0	16		
12:30 - 13:00	3	14	15	330	74	179	419	9	3	48	11	3	0	0	17		
13:00 - 13:30	2	15	17	281	93	163	471	21	6	36	6	4	2	2	34		
13:30 - 14:00	1	13	21	352	97	128	478	15	10	34	7	4	2	2	17		
14:00 - 14:30	1	14	18	341	114	148	504	21	7	46	9	0	1	1	15		
14:30 - 15:00	1	12	20	322	107	144	549	14	1	43	10	2	2	2	23		
15:00 - 15:30	0	9	22	328	101	167	534	25	13	40	21	2	1	1	21		
15:30 - 16:00	0	20	21	339	115	172	553	20	3	40	11	1	0	0	16		
16:00 - 16:30	0	21	14	343	85	175	582	20	4	57	6	1	1	1	20		
16:30 - 17:00	0	23	24	386	94	180	529	16	5	63	10	0	0	0	14		
17:00 - 17:30	0	13	29	411	89	195	635	21	11	42	22	2	0	0	22		
17:30 - 18:00	0	13	33	563	118	185	604	27	3	43	21	1	3	3	25		
18:00 - 18:30	0	7	24	550	121	138	559	20	5	36	6	4	0	0	17		
18:30 - 19:00	0	3	23	564	109	129	557	15	3	33	2	0	0	0	9		
19:00 - 19:30	0	14	21	512	99	128	513	6	1	28	2	0	0	0	14		
19:30 - 20:00	0	11	19	415	83	117	413	9	4	21	9	0	0	0	7		
20:00 - 20:30	0	8	12	337	77	99	360	12	4	15	10	0	0	0	7		
20:30 - 21:00	0	5	9	285	61	87	316	10	7	11	7	0	0	0	8		
21:00 - 21:30	0	0	1	240	52	78	281	2	11	7	3	0	0	0	11		
21:30 - 22:00	0	0	0	210	45	59	249	0	7	5	0	0	0	0	9		
TOTAL (17 horas)	22	428	560	11558	2977	4901	16627	469	196	1229	279	45	26	484	55		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Censo vehicular estación E-03 (Ambos sentidos Puno – Ilave).

FORMATO DE CONTEO VEHICULAR POR VIA - CLASIFICACION VEHICULAR																				
TRAMO DE LA CARRETERA		CARRETERA PUNO - ILAVE																		
SENTIDO		AMBOS SENTIDOS																		
UBICACION		DESVIO JALLIHUAYA - PUNO																		
HORA	VEHICULOS MENORES										CAMIONETAS				BUSES		CAMIONES			
	BICICLETA	MOTO	M. TAXI	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	COMBI	BUSS B2	BUS CAMA B4-1	CAMION C2	CAMION C3	CAMION T253	CAMION T2563	CAMION T353	OTROS					
05:00 - 05:30	0	7	5	118	33	62	212	1	3	9	2	0	0	0	7	0				
05:30 - 06:00	0	14	16	133	45	80	254	11	8	13	2	0	0	0	10	0				
06:00 - 06:30	0	21	22	166	65	96	351	9	11	21	11	0	0	0	11	0				
06:30 - 07:00	0	22	24	212	83	120	434	11	4	26	5	0	0	0	11	0				
07:00 - 07:30	0	36	31	240	87	140	497	17	3	47	12	1	1	1	17	6				
07:30 - 08:00	4	56	24	220	85	126	487	20	12	42	5	6	1	1	12	1				
08:00 - 08:30	7	39	35	180	94	115	450	20	11	46	6	5	0	0	29	4				
08:30 - 09:00	6	38	31	183	66	125	376	12	5	45	7	0	2	0	15	1				
09:00 - 09:30	2	31	37	169	65	124	318	12	2	43	8	0	1	1	12	1				
09:30 - 10:00	1	20	33	163	51	123	312	13	6	39	15	3	1	1	12	2				
10:00 - 10:30	4	32	23	170	56	127	305	7	3	36	8	0	0	0	17	7				
10:30 - 11:00	8	25	20	130	51	130	265	6	0	33	13	2	1	1	8	1				
11:00 - 11:30	3	30	22	161	51	112	276	7	3	30	7	0	0	0	17	0				
11:30 - 12:00	2	16	21	152	53	115	235	5	6	48	16	1	1	1	11	2				
12:00 - 12:30	4	22	15	137	63	131	284	7	4	51	6	284	1	0	22	4				
12:30 - 13:00	9	29	18	131	43	107	270	15	5	37	7	0	0	0	18	0				
13:00 - 13:30	2	33	14	135	42	118	283	5	7	22	10	2	0	0	14	2				
13:30 - 14:00	1	33	20	164	39	113	311	13	8	27	11	0	0	0	27	2				
14:00 - 14:30	4	30	25	171	61	108	341	12	4	41	3	0	0	0	14	1				
14:30 - 15:00	2	29	19	161	42	141	304	25	6	32	10	0	3	3	14	3				
15:00 - 15:30	2	33	16	169	32	133	341	15	3	34	12	0	2	2	39	4				
15:30 - 16:00	4	23	19	186	52	149	334	18	1	35	9	2	0	0	29	2				
16:00 - 16:30	3	31	19	215	58	136	320	10	2	31	9	0	2	2	13	0				
16:30 - 17:00	2	28	14	195	62	133	344	15	1	31	12	0	1	1	13	7				
17:00 - 17:30	0	19	16	192	74	124	334	11	1	35	9	1	0	0	20	5				
17:30 - 18:00	0	21	23	174	74	139	335	15	3	34	8	1	0	0	7	4				
18:00 - 18:30	0	15	14	182	58	165	354	14	4	47	11	0	0	0	20	1				
18:30 - 19:00	0	15	14	207	57	151	353	15	7	48	11	0	1	1	24	2				
19:00 - 19:30	0	15	19	192	58	147	337	8	1	31	3	0	0	0	21	0				
19:30 - 20:00	0	14	16	160	50	121	293	13	3	22	9	0	0	0	15	0				
20:00 - 20:30	0	12	13	139	45	105	257	11	10	19	9	0	0	0	14	1				
20:30 - 21:00	0	12	17	120	43	92	229	12	5	17	5	0	0	0	10	0				
21:00 - 21:30	0	10	7	101	29	79	202	6	9	14	4	0	0	0	13	1				
21:30 - 22:00	0	0	5	89	23	61	186	4	1	12	0	0	0	0	10	0				
TOTAL (17 horas)	70	811	667	5617	1890	4048	10784	395	162	1098	275	27	21	546	64	0				

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.3 Tráfico vehicular según plataformas virtuales.

IMDA registrado en la unidad de peaje Ilave extraído desde la plataforma del INEI.

Tabla N° 26: Cuadro de IMDA peaje - Ilave

VOLUMEN DE TRANSITO PEAJE-ILAVE 2016-2019				
Años	2016	2017	2018	2019
Enero	56019	57381	61774	56170
Febrero	56262	53819	59823	55571
Marzo	55352	59870	43598	64471
Abril	55330	57293	811	55414
Mayo	55933	57482	61108	56051
Junio	53362	55873	52296	53931
Julio	65798	64780	59347	61719
Agosto	39650	75334	74873	76753
Setiembre	59332	59652	58490	58732
Octubre	60561	57237	63545	60444
Noviembre	51211	54468	53850	52383
Diciembre	58651	59766	61589	59052
TOTAL	667461	712955	651104	710691

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del factor de corrección estacional

El factor de corrección calculado para cada mes en el periodo 2016 – 2019 se muestra en la Tabla N° 27, con los datos registrados en la unidad de peaje Ilave, en un solo sentido. Además, es preciso indicar que la caseta de control de la unidad de peaje Ilave se encuentra en una zona urbana lo que significa que metros anteriores de la caseta de control existen calles por el cual los vehículos desvían evitando el cobro del peaje y los mismos no son registrados en el aforo mostrado por el INEI.

Tabla N° 27: Cuadro de factores de corrección (2016 - 2019)

FACTOR DE CORRECCIÓN MENSUAL PEAJE ILAVE				
AÑO	2016	2017	2018	2019
Enero	1.01195074	1.05526816	0.89518639	1.074596
Febrero	0.9100723	1.01622918	0.83492476	0.98106497
Marzo	1.0241449	1.01139707	1.26838946	0.93623579
Abril	0.99150205	1.02279582	65.9869263	1.05411916
Mayo	1.01350667	1.05341398	0.90494279	1.07687744
Junio	1.02806882	1.04878995	1.02331722	1.08310543
Julio	0.86155306	0.93473823	0.9317951	0.97798178
Agosto	1.42972178	0.80378504	0.7385739	0.78641952
Septiembre	0.92462429	0.98234831	0.91494952	0.99456785
Octubre	0.93605569	1.05792306	0.87023753	0.99861124
Noviembre	1.07125048	1.07584345	0.99378639	1.1151129
Diciembre	0.96653882	1.01315702	0.89787533	1.02215094

Fuente: Elaboración propia (Datos INEI)

Cálculo de la tasa promedio de crecimiento anual.

En la tabla N° 28, tenemos el total de vehículos registrados en la unidad de peaje en el periodo 2016 – 2019, periodo con el cual calcularemos la tasa promedio de crecimiento anual.

Tabla N° 28: Crecimiento anual (2016 – 2017)

AÑO	N° AÑO	TOTAL DE VEH.	DÍAS/AÑO	IMDA	r al 2019
2016	1	667461	365	1829	2.11.%
2017	2	712955	365	1953	-0.16%
2018	3	650293	335	1941	0.31%
2019	4	710691	365	1947	
r para el periodo 2016 - 2019					2.11%

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.4 Procesamiento de la información obtenida en campo

Luego de consolidar y procesar la información obtenida del conteo en las estaciones definidas, se analizó los resultados de los volúmenes de tráfico por tipo de vehículo y sentido, y la suma de ambos sentidos.

En el siguiente cuadro se muestra el resumen del aforo vehicular por tipo de vehículo y día de conteo por cada estación, cabe recalcar que los vehículos menores, como moto taxi, moto de carga, moto lineal, y bicicletas fueron agrupados en uno solo.

Tabla N° 29: Clasificación por tipo vehicular E-01.

Tipo de Vehículos	RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR POR AMBOS SENTIDOS (ESTACIÓN E-01)							Total Semanal	IMDS $\sum Vi/7$
	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes		
Veh. Menor	146	177	142	114	152	128	151	1,010	144
Autos	2,101	2,360	1,649	1,354	1,565	1,231	1,298	11,558	1651
Station Wagon	384	575	364	368	331	474	481	2,977	425
Camioneta Pick Up	673	588	613	638	574	878	937	4,901	700
Combi	2,374	2,459	2,582	2,184	2,220	2,292	2,516	16,627	2375
Buss B2	71	85	52	63	53	72	73	469	67
Buss B3 y B4-1	37	38	25	22	23	30	21	196	28
Camión C2	193	199	157	165	165	157	193	1,229	176
Camión C3 y C4	49	51	43	27	34	42	33	279	40
Trayler T2S3	18	8	16	19	3	4	3	71	10
Trayler T3S3	77	71	57	74	68	69	68	484	69
Otros	1	8	6	8	9	14	9	55	8
TOTAL	6,124	6,619	5,706	5,036	5,197	5,391	5,783	39856	5694

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30: Clasificación por tipo vehicular E-02.

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR POR AMBOS SENTIDOS (estación E-02)									
Tipo de Vehículos	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total Semanal	IMDS $\sum Vi/7$
Veh. Menor	285	305	269	253	382	298	247	2,039	291
Autos	1,299	1,968	1,004	915	1,028	925	1,007	8,146	1164
Station Wagon	151	177	104	84	104	74	90	784	112
Camioneta Pick Up	727	714	671	620	549	582	618	4,481	640
Combi	2,211	2,224	2,179	1,803	1,838	1,903	1,991	14,149	2021
Buss B2	71	104	52	47	29	43	54	400	57
Buss B3 y B4-1	28	34	21	23	22	22	21	171	24
Camión C2	178	198	137	139	155	158	142	1,107	158
Camión C3 y C4	45	47	50	20	32	27	33	254	36
Trayler T2S3	19	5	4	11	4	6	4	53	8
Trayler T3S3	92	84	69	87	63	78	68	541	77
Otros	7	0	2	11	13	5	9	47	7
TOTAL	5,113	5,860	4,562	4,013	4,219	4,121	4,284	32172	4596

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31: Clasificación por tipo vehicular E-03.

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR POR AMBOS SENTIDOS (estación E-03)									
Tipo de Vehículos	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total Semanal	IMDS $\sum Vi/7$
Veh. Menor	263	296	268	205	202	209	105	1,548	221
Autos	972	1,170	835	657	592	776	615	5,617	802
Station Wagon	371	373	162	174	288	155	367	1,890	270
Camioneta Pick Up	562	549	597	581	559	563	637	4,048	578
Combi	1,526	1,877	1,686	1,333	1,334	1,459	1,569	10,784	1541
Buss B2	76	92	52	47	33	45	50	395	56
Buss B3 y B4-1	14	38	20	22	26	21	21	162	23
Camión C2	222	220	136	156	124	114	126	1,098	157
Camión C3 y C4	58	40	31	23	43	30	50	275	39
Trayler T2S3	14	5	7	9	3	6	4	48	7
Trayler T3S3	93	105	73	83	66	64	62	546	78
Otros	12	9	10	6	9	11	7	64	9
TOTAL	4,183	4,774	3,877	3,296	3,279	3,453	3,613	26475	3782

Fuente: Elaboración propia

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL CORREGIDO (IMDAc).

El índice medio diario anual calculado de la información recolectada en los días de aforo se da por el producto de la media del conteo vehicular y el factor de corrección

estacional para el mes de noviembre del 2019, mes en el cual se realizó el conteo. En el siguiente cuadro se muestra el IMDA calculado por tipo de vehículo.

Tabla N° 32: Estación de conteo vehicular E-01

Tipo de Vehículos	Veh./semana	IMDA	FCE	IMDA x FCE	INCIDENCIA
Veh. Menor	1,010	144	1.1151129	161	2.53%
Autos	11,558	1651	1.1151129	1841	29.00%
Station Wagon	2,977	425	1.1151129	474	7.47%
Camioneta Pick Up	4,901	700	1.1151129	781	12.30%
Combi	16,627	2375	1.1151129	2649	41.72%
Buss B2	469	67	1.1151129	75	1.18%
Buss B3 y B4-1	196	28	1.1151129	31	0.49%
Camión C2	1,229	176	1.1151129	196	3.08%
Camión C3 y C4	279	40	1.1151129	44	0.70%
Trayler T2S3	71	10	1.1151129	11	0.18%
Trayler T3S3	484	69	1.1151129	77	1.21%
Otros	55	8	1.1151129	9	0.14%
TOTAL	39,856	5693.714286	1.1151129	6349	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33: Estación de conteo vehicular E-02

Tipo de Vehículos	Veh./semana	IMDA	FCE	IMDA x FCE	INCIDENCIA
Veh. Menor	2,039	291	1.1151129	325	6.34%
Autos	8,146	1164	1.1151129	1298	25.32%
Station Wagon	784	112	1.1151129	125	2.44%
Camioneta Pick Up	4,481	640	1.1151129	714	13.93%
Combi	14,149	2021	1.1151129	2254	43.98%
Buss B2	400	57	1.1151129	64	1.24%
Buss B3 y B4-1	171	24	1.1151129	27	0.53%
Camión C2	1,107	158	1.1151129	176	3.44%
Camión C3 y C4	254	36	1.1151129	40	0.79%
Trayler T2S3	53	8	1.1151129	8	0.16%
Trayler T3S3	541	77	1.1151129	86	1.68%
Otros	47	7	1.1151129	7	0.15%
TOTAL	32,172	4596	1.1151129	5125	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34: Estación de conteo vehicular E-03

Tipo de Vehículos	Veh./semana	IMDA	FCE	IMDA x FCE	INCIDENCIA
Veh. Menor	1,548	221	1.1151129	247	5.85%
Autos	5,617	802	1.1151129	895	21.22%
Station Wagon	1,890	270	1.1151129	301	7.14%
Camioneta Pick Up	4,048	578	1.1151129	645	15.29%
Combi	10,784	1541	1.1151129	1718	40.73%
Buss B2	395	56	1.1151129	63	1.49%
Buss B3 y B4-1	162	23	1.1151129	26	0.61%
Camión C2	1,098	157	1.1151129	175	4.15%
Camión C3 y C4	275	39	1.1151129	44	1.04%
Trayler T2S3	48	7	1.1151129	8	0.18%
Trayler T3S3	546	78	1.1151129	87	2.06%
Otros	64	9	1.1151129	10	0.24%
TOTAL	26,475	3782.142857	1.1151129	4218	100.00%

Fuente: Elaboración propia

VARIACIÓN DIARIA.

Del siguiente diagrama podemos deducir que los días domingo y sábado presentan un incremento considerable con respecto al resto de los días, esto podría darse debido a la feria sabatina en la ciudad de Puno, la feria de ganados en Acora y la feria dominical en la ciudad de Ilave. En las cuales existe bastante concurrencia de personas por ende existe una mayor demanda de vehículos para trasladarse.

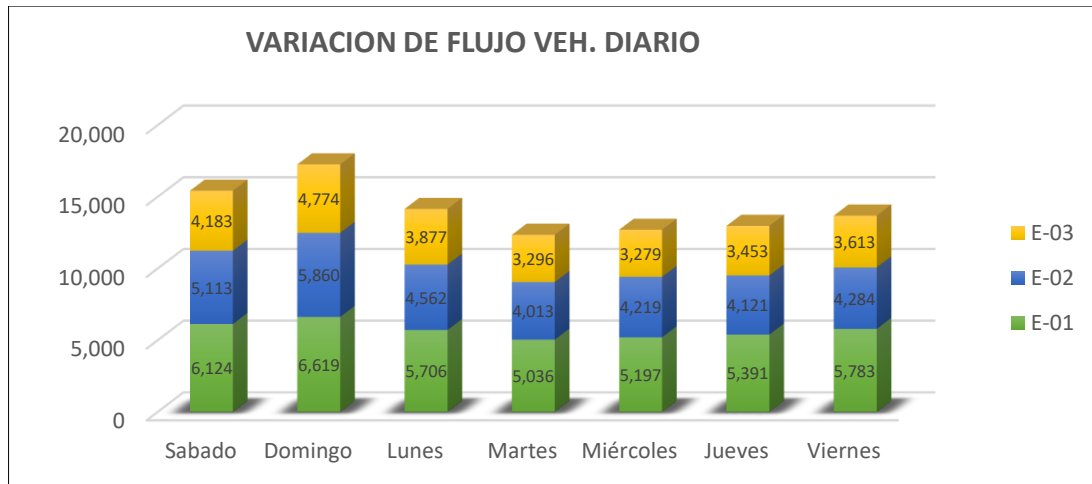


Figura N° 54: Variación de flujo vehicular diario por Estación.

Fuente: Elaboración propia

VARIACIÓN HORARIA.

La variación horaria nos ayuda a identificar la hora pico o la hora de máximo de tráfico vehicular en la carretera Puno – Ilave, del conteo vehicular que se hizo se determina que la hora de máxima afluencia vehicular es de 07:00 am hasta 08:00 am en las 3 estaciones de conteo, y un alza por la tarde en el horario de 17:00 hasta 18:00 horas en el caso de la estación de conteo E-01

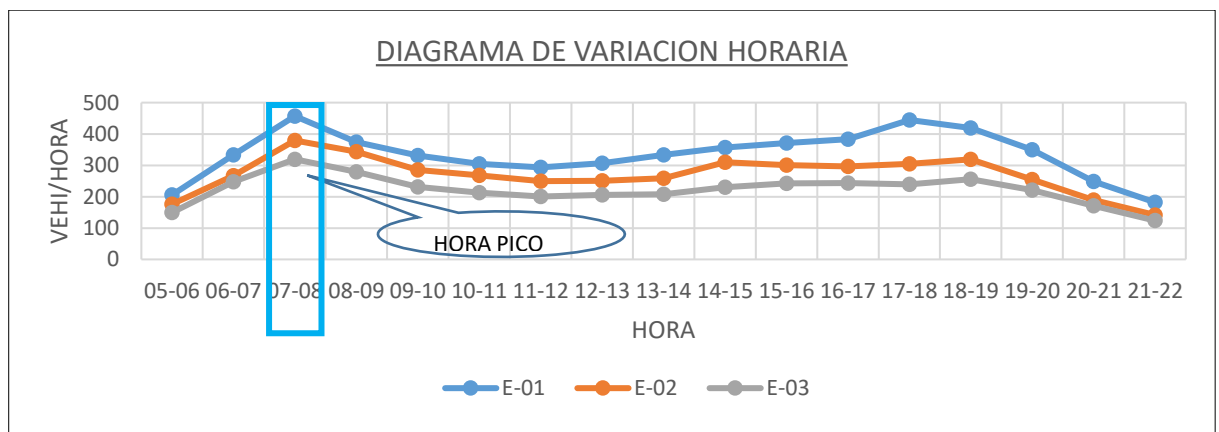


Figura N° 55: Vehículos según variación horaria.

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.5 Proyección de tráfico.

Realizamos la proyección de tráfico vehicular conjugando la información recolectada en campo del año 2019 con la información proporcionada por el INEI para la

redistribución del IMDA ajustado a los datos obtenidos en campo para los años 2016, 2017 y 2018.

$$P_f = P_o \times (1+r)^t$$

Donde:

Pf= población final

P0 = población inicial

r = crecimiento

t= años

Tabla N° 35: Ajuste del IMDA con datos recolectados de campo

PROYECCIÓN DE TRÁFICO CARRETERA PUNO - ILAVE				
F. crec. (r)	2.11%	-0.16%	0.31%	CAMPO
ESTACIÓN/AÑO	2016	2017	2018	2019
ESTACIÓN E-1	5964	6369	6330	6349
ESTACIÓN E-2	4814	5141	5109	5125
ESTACIÓN E-3	3962	4231	4205	4218

Fuente: Elaboración propia

La información de este cuadro es la que se utilizara para la predicción de accidentes con la metodología del manual HSM-2010

3.5.2.6 Análisis general del estudio de tráfico.

Luego de realizar el procesamiento de la información recolectada, y la información brindada por el INEI registradas en la unidad de Peaje Ilave, no coinciden con la información recolectada, esto sucede debido a que esta caseta se encuentra en un medio urbano, metros antes de llegar a la caseta de control peaje existen calles por el cual los vehículos desvían para evitar el pago de la tarifa de peaje.

Como análisis de la información tenemos un gran porcentaje de vehículos ligeros representando con un aproximado del 80 % del total de vehículos en un día, son las

camionetas rurales (combi) las que tienen mayor representación seguido por los autos y las camionetas Pick Up. Lo cual significa que el diseño geométrico de la vía debería brindar condiciones que permitan circular a una adecuada velocidad considerando que con el pasar de los años van apareciendo vehículos diseñados con una mejor versatilidad y potencia que les permite alcanzar altas velocidades.

3.5.3 INVENTARIO DE LA SEÑALIZACIÓN EXISTENTE

Para realizar el inventario de dispositivos de control de tránsito de la carretera Puno – Ilave, se realiza la verificación de las señalizaciones existentes a lo largo de la vía en estudio, teniendo en consideración la posición de las señaléticas con respecto al borde de calzada además que cumplan su función informativa a los usuarios de la vía, clasificando los tipos de señalización y su ubicación en todo el trayecto vial. Anexo ¿??

3.5.3.1 Señalización Vial

En el cuadro adjunto en el ANEXO D se muestra el inventario de los dispositivos de control de tránsito por tipo de dispositivo a lo largo de los 47.5 Km de carretera, y en el ANEXO E se muestra el panel fotográfico del tipo de dispositivos de control que están instaladas en la vía.

Así mismo tenemos falencia en diferentes lugares, las distancias transversales de la señal vertical hasta el borde de vía no cumplen con los parámetros del manual de seguridad vial 2017 propuesto por el MTC, ausencia de señales verticales sobre control de velocidad, proximidad a pavimento ondulado, cruce de animales y paraderos. Por otro lado, tenemos ausencia de franjas sonoras en tangentes largas que exceden el máximo del manual DG-2018 para evitar la fatiga a conductores, así mismo en el tramo Puno – Chucuito existe invasión a la franja de derecho de vía, con paneles publicitarios y chatarras.

3.5.3.2 Condiciones del entorno de la vía.

Para la recolección de datos sobre el entorno de la vía, se ha recorrido todo el trayecto en estudio y se identificó todos los factores que afectan las condiciones de seguridad de la vía, como estado en la que se encuentra la calzada, iluminación, accesos, entorno de la vía, tipo de usuarios de la vía, y más que todo la destreza de cada conductor usuario de la vía, ante cualquier inconveniente que se presenta en la carretera.

Tabla N° 36: Estado del pavimento según segmento

ENTORNO DE VIA POR SEGMENTO (Carretera Puno - Ilave)							
Segmento	Desde	Hasta	Tipo de Superficie	Estado de Transitabilidad	Accesos	Iluminación	Franja Sonora
SEG-01	1363+815.00	1364+500.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-02	1364+500.00	1365+200.00	Asfalto	B	3	No Existe	No
SEG-03	1365+200.00	1365+700.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-04	1365+700.00	1366+100.00	Asfalto	B	1	Existe	No
SEG-05	1366+100.00	1366+500.00	Asfalto	B	0	No Existe	No
SEG-06	1366+500.00	1367+000.00	Asfalto	R	2	No Existe	No
SEG-07	1367+000.00	1367+800.00	Asfalto	B	1	Existe	No
SEG-08	1367+800.00	1368+250.00	Asfalto	B	1	No Existe	No
SEG-09	1368+250.00	1368+420.00	Asfalto	B	0	Existe	No
SEG-10	1368+420.00	1369+270.00	Asfalto	B	1	Existe	No
SEG-11	1369+270.00	1369+670.00	Asfalto	B	0	No Existe	No
SEG-12	1369+670.00	1370+370.00	Asfalto	R	2	No Existe	No
SEG-13	1370+370.00	1371+000.00	Asfalto	B	1	No Existe	No
SEG-14	1371+000.00	1371+900.00	Asfalto	B	1	No Existe	No
SEG-15	1371+900.00	1372+500.00	Asfalto	R	3	No Existe	No
SEG-16	1372+500.00	1373+250.00	Asfalto	M	1	No Existe	No
SEG-17	1373+250.00	1374+250.00	Asfalto	R	3	No Existe	No
SEG-18	1374+250.00	1374+920.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-19	1374+920.00	1375+270.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-20	1375+270.00	1376+100.00	Asfalto	R	1	No Existe	No
SEG-21	1376+100.00	1377+000.00	Asfalto	M	2	Existe	No
SEG-22	1377+000.00	1378+350.00	Asfalto	R	4	Existe	No
SEG-23	1378+350.00	1379+650.00	Asfalto	B	1	No Existe	No
SEG-24	1379+650.00	1380+450.00	Asfalto	M	2	No Existe	No
SEG-25	1380+450.00	1381+200.00	Asfalto	B	4	No Existe	No
SEG-26	1381+200.00	1383+200.00	Asfalto	B	1	No Existe	No
SEG-27	1383+200.00	1384+050.00	Asfalto	B	3	No Existe	No
SEG-28	1384+050.00	1385+050.00	Asfalto	R	3	No Existe	No
SEG-29	1385+050.00	1386+750.00	Asfalto	R	1	No Existe	No

SEG-30	1386+750.00	1388+050.00	Asfalto	R	6	Existe	No
SEG-31	1388+050.00	1389+000.00	Asfalto	M	2	No Existe	No
SEG-32	1389+000.00	1390+900.00	Asfalto	M	3	No Existe	No
SEG-33	1390+900.00	1393+550.00	Asfalto	B	9	Existe	No
SEG-34	1393+550.00	1395+800.00	Asfalto	B	1	No Existe	No
SEG-35	1395+800.00	1397+450.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-36	1397+450.00	1398+750.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-37	1398+750.00	1400+450.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-38	1400+450.00	1401+300.00	Asfalto	R	3	No Existe	No
SEG-39	1401+300.00	1403+300.00	Asfalto	B	1	No Existe	No
SEG-40	1403+300.00	1404+700.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-41	1404+700.00	1406+150.00	Asfalto	R	4	No Existe	No
SEG-42	1406+150.00	1407+150.00	Asfalto	M	0	No Existe	No
SEG-43	1407+150.00	1408+100.00	Asfalto	R	2	No Existe	No
SEG-44	1408+100.00	1408+800.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-45	1408+800.00	1410+000.00	Asfalto	B	0	No Existe	No
SEG-46	1410+000.00	1410+400.00	Asfalto	B	2	No Existe	No
SEG-47	1410+400.00	1411+311.00	Asfalto	B	3	Existe	No

Nomenclatura del estado de transitabilidad: Bueno (B), Regular (R) y Malo (M)

Fuente: Elaboración propia

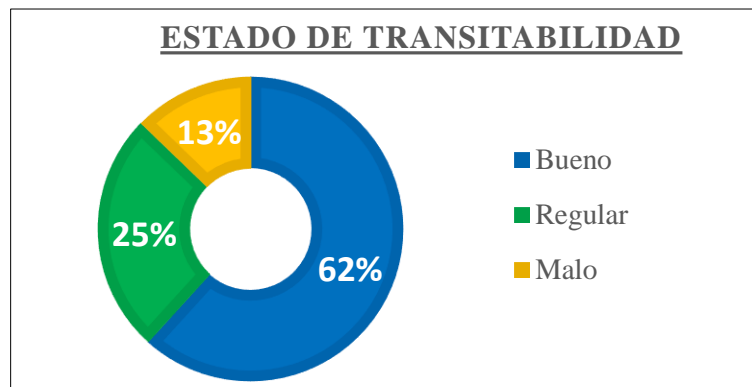


Figura N° 56: Vehículos más frecuentes en la carretera Puno – Chucuito.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior representamos el estado de transitabilidad según su condición a lo largo de los 47.5 Kilómetros y que en su totalidad contamos con una vía de pavimento flexible de los cuales el 62 % de la carpeta asfáltica se encuentra en condiciones óptimas, un 25 % en condición regular ya que presenta hundimientos leves, y un 13 % en estado deficiente ya que este porcentaje de la carpeta asfáltica presenta huecos, acolchonamiento, parches y agrietamiento por fatiga.



3.5.4 ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD.

3.5.4.1 Delimitación del periodo de análisis.

Para la definición del periodo de análisis de accidentalidad en años, nos basamos en los antecedentes de investigaciones similares, que consideran algunos tres años y otros hasta cinco años, por lo tanto, para la presente investigación consideraremos los cuatro últimos años, es decir, 2019, 2018, 2017 y 2016

3.5.4.2 Recopilación de información.

Para la obtención de la información del registro de accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave se presentó una solicitud a las siguientes comisarías de la Policía Nacional del Perú con jurisdicción sobre nuestro tramo en estudio:

- Comisaria sectorial Puno
- Comisaria rural sectorial Ichu
- Comisaria rural sectorial Chucuito
- Comisaria rural sectorial Platería
- Comisaria rural sectorial Acora
- Comisaria rural sectorial Ilave

La tabla N°37 muestra el resumen del reporte de accidentes registrados por la PNP.

Tabla N° 37: Resumen de accidentes registrados vía Puno – Ilave (2016-2019)

FORMATO ESTADISTICO N° 002

POLICIA NACIONAL DEL PERÚ



CUADRO ESTADISTICO DE ACCIDENTES DE TRANSITO

COMISARIA SECTORIAL:	6 COMISARIAS				CARRETERA:				PANAMERICANA SUR (PUNO - ILAVE)					
	VARIABLES												TOTAL	%
	FATALES				NO FATALES				TOTALES				TOTAL	%
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019		
I. CLASE DE ACCIDENTE	14	7	13	18	50	74	59	51	64	81	72	69	286	100%
Atropello	3	2	7	3	10	17	12	12	13	19	19	15	66	23%
Choque	6	3	5	10	14	30	21	20	20	33	26	30	109	38%
Choque y fuga	1	1	0	1	1	2	0	0	2	3	0	1	6	2%
Volcadura	1	0	1	0	1	4	3	3	2	4	4	3	13	5%
Despiste	3	1	0	4	22	18	19	14	25	19	19	18	81	28%
Otros	0	0	0	0	2	3	4	2	2	3	4	2	11	4%
II. CAUSAS DE LOS ACCIDENTES	14	7	13	18	50	74	59	51	64	81	72	69	286	100%
Exceso de velocidad	6	1	2	6	18	28	19	16	24	29	21	22	96	34%
Imprudencia del Conductor	5	3	7	10	18	27	23	19	23	30	30	29	112	39%
Imprudencia del peaton	2	2	4	1	8	8	6	9	10	10	10	10	40	14%
Vía en mal estado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Señalización defectuosa	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0%
Vehículo en Mal Estado	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	1	2	4	1%
Falla mecánica	0	0	0	1	2	3	6	3	2	3	6	4	15	5%
Factor climático (granizada)	0	0	0	0	1	3	2	1	1	3	2	1	7	2%
Otros	1	1	0	0	3	3	2	1	4	4	2	1	11	4%
III. VEHIC. PARTICIPANTES	18	8	25	25	58	88	64	71	76	96	89	96	357	100%
Automovil	3	2	8	6	19	29	21	19	22	31	29	25	107	30%
Station Wagon	0	0	0	1	1	1	2	0	1	1	2	1	5	1%
Camioneta Pick Up	5	1	3	6	11	22	15	9	16	23	18	15	72	20%
Camioneta Rural	5	4	1	7	12	20	12	19	17	24	13	26	80	22%
Omnibus	1	0	0	1	2	2	2	2	3	2	2	3	10	3%
Camion	2	0	9	1	3	6	5	4	5	6	14	5	30	8%
Trayler y semitrayler	0	0	0	0	1	0	0	5	1	0	0	5	6	2%
Otros Mayores	2	1	4	2	9	7	7	13	11	8	11	15	45	13%
Veh. Menores	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2	1%
IV. INCIDENCIA HORARIA	14	7	13	18	50	74	59	51	64	81	72	69	286	100%
00:00 - 06:00 Hrs	1	1	0	5	8	8	11	9	9	9	11	14	43	15%
06:00 - 12:00 Hrs.	2	3	6	3	13	25	18	16	15	28	24	19	86	30%
12:00 - 18:00 Hrs.	2	2	3	1	13	14	11	8	15	16	14	9	54	19%
18:00 - 24:00 Hrs.	9	1	4	9	16	27	19	18	25	28	23	27	103	36%
V. INCIDENCIA DIARIA	14	7	13	18	50	74	59	51	64	81	72	69	286	100%
Lunes	3	1	0	2	6	11	7	9	9	12	7	11	39	14%
Martes	2	1	0	3	5	9	10	3	7	10	10	6	33	12%
Miércoles	1	0	1	3	7	3	5	7	8	3	6	10	27	9%
Jueves	1	2	2	3	10	12	7	7	11	14	9	10	44	15%
Viernes	2	1	5	2	5	11	13	5	7	12	18	7	44	15%
Sábado	3	0	4	3	8	8	12	9	11	8	16	12	47	16%
Domingo	2	2	1	2	9	20	5	11	11	22	6	13	52	18%
VI. INCIDENCIA MENSUAL	14	7	13	18	50	74	59	51	64	81	72	69	286	100%
Enero	0	1	0	1	2	3	3	6	2	4	3	7	16	6%
Febrero	1	1	3	2	6	7	3	6	7	8	6	8	29	10%
Marzo	0	1	0	1	5	3	8	5	5	4	8	6	23	8%
Abril	1	0	1	1	2	7	6	3	3	7	7	4	21	7%
Mayo	2	1	2	2	11	5	5	3	13	6	7	5	31	11%
Junio	0	0	1	2	4	6	4	6	4	6	5	8	23	8%
Julio	3	0	1	4	1	9	4	6	4	9	5	10	28	10%
Agosto	2	0	0	0	5	8	5	4	7	8	5	4	24	8%
Septiembre	1	1	0	2	4	9	5	1	5	10	5	3	23	8%
Octubre	2	0	1	1	4	3	0	2	6	3	1	3	13	5%
Noviembre	2	1	3	2	6	6	8	6	8	7	11	8	34	12%
Diciembre	0	1	1	0	0	8	8	3	0	9	9	3	21	7%
VII. CANTIDAD DE VICTIMAS	24	8	14	20	138	129	102	125	162	137	116	145	560	100%
Muertos	24	8	14	20	0	0	0	0	24	8	14	20	66	12%
Heridos	0	0	0	0	138	129	102	125	138	129	102	125	494	88%

Fuente: Elaboración propia (Datos PNP)

3.5.4.3 Análisis de la accidentalidad periodo 2016- 2019

Un análisis de accidentalidad de una carretera puede ayudar a determinar políticas de mejora para optimizar la mejor transitabilidad y lo más importante para tomar medidas correctivas para la reducción de víctimas por accidentes de tránsito.

Tabla N° 38: *Cifras de la accidentalidad años 2016 – 2019.*

PRINCIPALES CIFRAS DE ACCIDENTALIDAD (2016 - 2019)							
AÑO	IMDA	% DE IMDA	ACCIDENTE TOTALES	% DE ACCIDENTES	N° DE VICTIMAS	N° DE HERIDOS	N° DE MUERTOS
2016	4913	24.3%	64.00	22.4%	162.00	138.00	24.00
2017	5247	26.0%	81.00	28.3%	137.00	129.00	8.00
2018	5215	23.7%	72.00	25.2%	116.00	102.00	14.00
2019	5231	25.9%	69.00	24.1%	145.00	125.00	20.00
TOTAL	20606	100%	286.00	100%	560.00	494.00	66.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la PNP Y MTC.

Al representar los datos del cuadro en un gráfico que muestra la figura N° 57 se puede apreciar las tendencias, en la que nos muestra que dentro de este periodo de tiempo el año 2017 presenta un incremento en los accidentes registrados de un 5.9 % con respecto al año anterior, esto podría haberse dado al incremento del Índice Medio Diario Anual (IMDA), en la que ambas variables guardan relación de incremento, mas no en los dos años posteriores, en tanto esto nos indica que existen otros factores que inciden en la accidentalidad en la carretera Puno – Ilave que comprende 47 kilómetros con 496 metros.

En el siguiente esquema se muestra la evolución de accidentes por cada año de del periodo de análisis, ocurridos a lo largo de la vía en estudio.

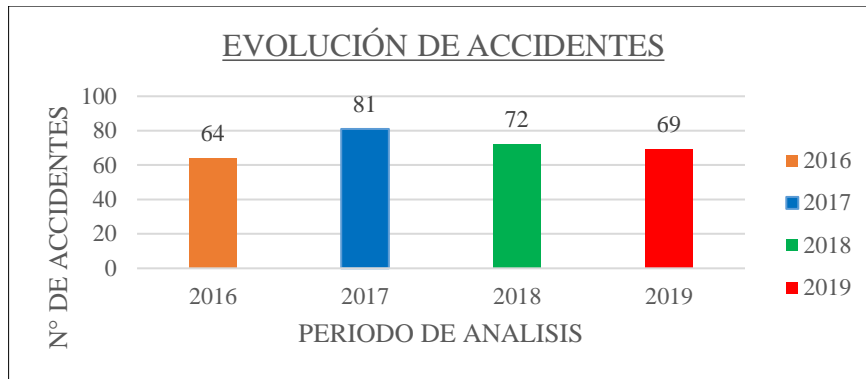


Figura N° 57: Resumen de accidentes por año carretera Puno – Ilave.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al esquema anterior la ocurrencia de accidentes dentro del periodo de análisis no presenta un crecimiento continuo, pero aun así en el 2019 tenemos un crecimiento del 8% con respecto al año 2016.

Con respecto a la causa de los accidentes de tránsito, el 39 % del total de accidentes registrados son a causa de la imprudencia del conductor la misma que representa la principal causa en la generación de accidentes, y seguida por muy de cerca por el exceso de velocidad que representa el 34 % del total de accidentes, siendo estas dos las más representativas como causales de accidentes de la carretera en estudio.

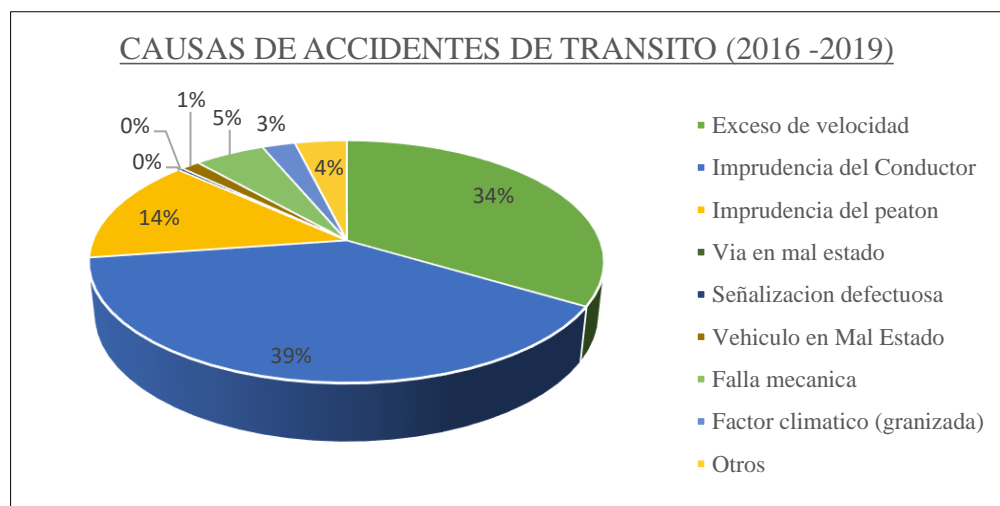


Figura N° 58: Accidentes de tránsito según causa en la carretera Puno – Ilave.

Fuente: Elaboración Propia.

Del total de accidentes registrados, los días en las cuales se ha registrado la mayor cantidad de accidentes son los días domingo y sábado los mismos que son días de feria, la feria sabatina en la ciudad de Puno y en la ciudad de Acora y la feria dominical en la ciudad de Ilave, los mismos que representan un incremento en el tráfico vehicular.

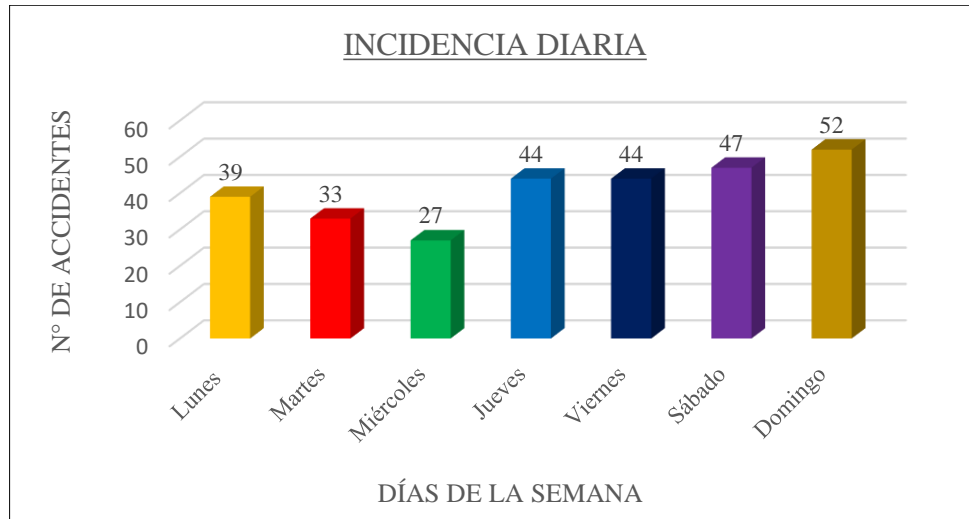


Figura N° 59: *Días con más incidencia en accidentes de la carretera Puno – Ilave.*

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura N° 60 se presenta una distribución por tipología de accidentes de tránsito registrados entre los años 2016 - 2019 correspondientes a nuestro tramo en estudio, de la cual agrupando todas las colisiones y/o choques entre vehículos, son este el tipo de accidentes los más frecuentes representado con un 38 % del total de ocurrencias, seguido por los despistes con un 28 %, y atropellos con un 23 % del total de accidentes.

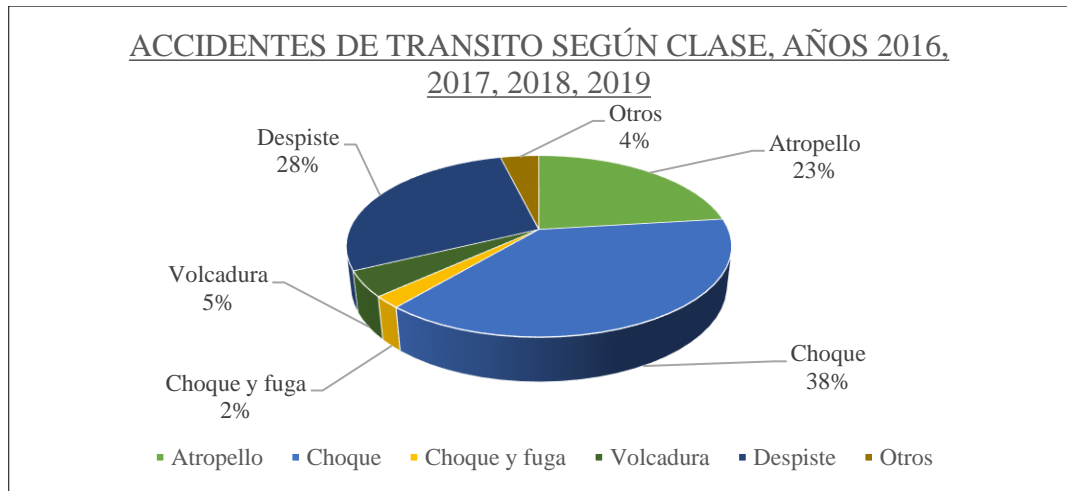


Figura N° 60: Tipología de accidentes de tránsito

Fuente: Elaboración propia

Tipo de unidad vehicular involucrada en el accidente.

Según los datos recopilados de las comisarias con jurisdicción sobre la carretera en estudio Puno – Ilave se tiene un total de 357 vehículos involucrados en los 286 accidentes registrados.

Tabla N° 39: Tipo de vehículos involucrados

VEHIC. PARTICIPANTES	2016	2017	2018	2019	TOTAL	%
Automóvil	22	31	29	25	107	30%
Station Wagon	1	1	2	1	5	1%
Camioneta Pick Up	16	23	18	15	72	20%
Camioneta Rural	17	24	13	26	80	22%
Ómnibus	3	2	2	3	10	3%
Camión	5	6	14	5	30	8%
Trayler y semitrayler	1	0	0	5	6	2%
Otros Mayores	11	8	11	15	45	13%
Veh. Menores	0	1	0	1	2	1%
TOTAL	76	96	89	96	357	100%

Fuente: Elaboración propia (Datos PNP)

En la tabla N° 39 se puede apreciar que los vehículos con mayor implicancia en los accidentes son del tipo auto con una ocurrencia del 30 % del total de accidentes en los

4 años de análisis, seguido por las camionetas rurales que comúnmente se les conocen como combis con un 22 % seguido por muy de cerca por las camionetas pick Up con 20 %.

Distribución de accidentes según meses del año, días de la semana y horas.

La figura N° 61 nos muestra la distribución de accidentes por cada mes de ocurrencia a lo largo de un año, en la que nos muestra los meses de febrero, mayo y noviembre como los meses con un número elevado de accidentes de tránsito el que podría darse debido a la mayor afluencia de la población del sur de la región hacia la ciudad de Puno por la festividad virgen de la candelaria, fiesta de cruces, alasitas y las fiestas de todos los santos en las que se incrementa el tránsito vehicular.

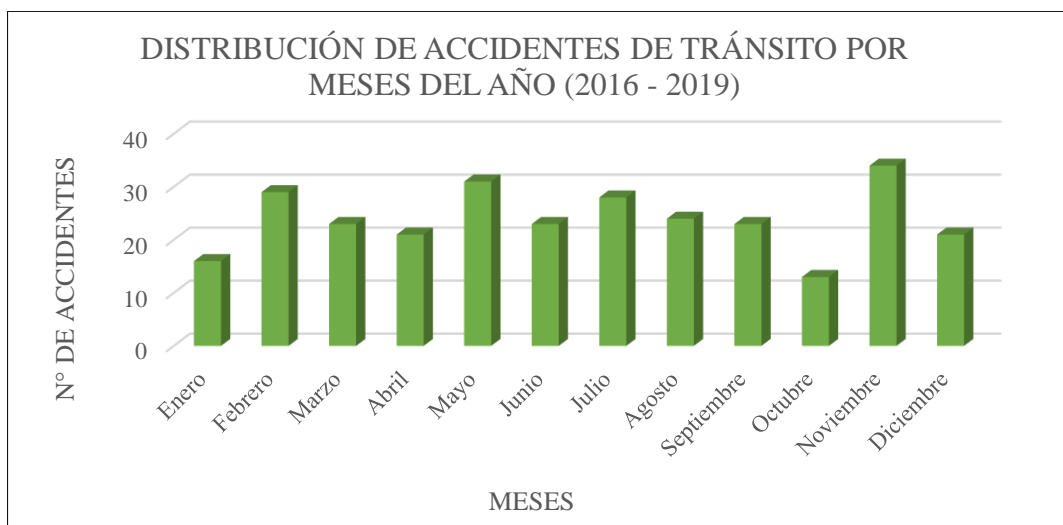


Figura N° 61: *Distribución de accidentes por meses del año.*

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la distribución horaria, la Figura N° 62 nos muestra claramente un incremento notable de accidentalidad en las horas picos, debido a la mayor intensidad de tráfico en este caso se le consideraría de 06:00 a.m. a 08:00 am. En horarios de la mañana y 18:00 a 20:00 horas de la noche.

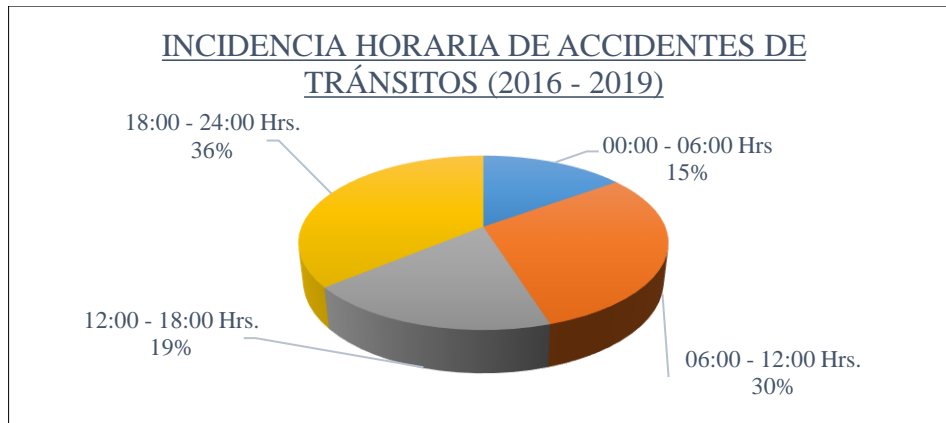


Figura N° 62: Incidencia horaria de accidentes de tránsito (2016 – 2019)

Fuente: Elaboración propia

Víctimas mortales producto de los accidentes de tránsito.

Con respecto a las víctimas mortales, en la figura N° 63 se puede observar un cambio brusco de la tendencia a la baja en el año 2017, y en los últimos 2 años se mantiene la tendencia al alza de 9 % cada año con respecto al año anterior.

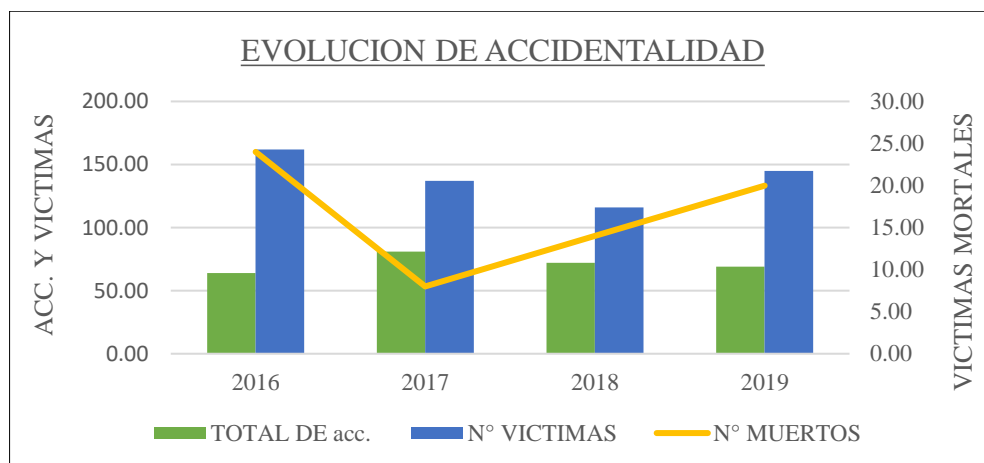


Figura N° 63: Tasa de mortalidad con respecto al número de accidentes.

Fuente: Elaboración propia

Además, la figura N° 63 nos muestra un diagrama en la que ninguna de las tres variables tiene relación con otra, confirmando así un cambio de tendencia del número de víctimas mortales desproporcional al número de accidentes y víctimas tal como se muestra en la figura N° 64. El registro de accidentes de los 4 años nos muestra que el año 2016 representó la mayor tasa de víctimas producto de los accidentes de tránsito en la

carretera Puno – Ilave, el mismo que podría verse afectado al tipo de accidente o la letalidad del suceso.

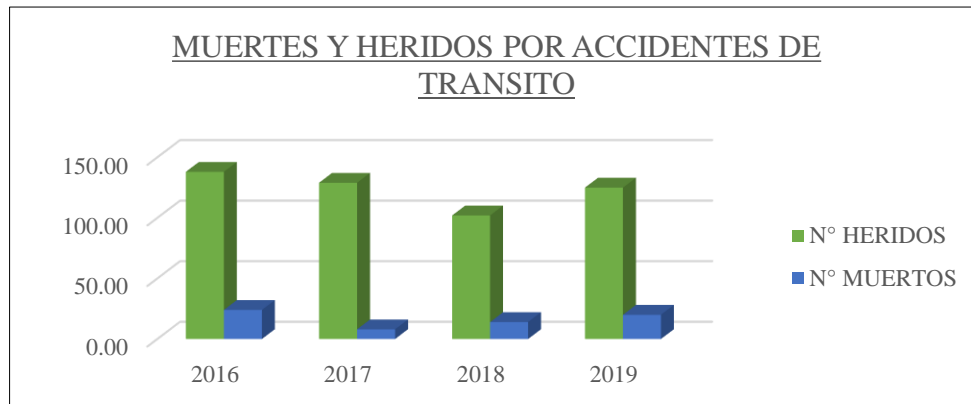


Figura N° 64: muertes y heridos a causa de los accidentes de tránsito.

Fuente: Elaboración propia

3.5.4.4 Análisis general del estudio de accidentalidad.

Según los datos presentados en las tablas y diagramas la cantidad de accidentes registrados en los últimos 4 años han sufrido una discontinuidad con baja en el 2017 con respecto al 2016 y un alza en los 2 años siguientes, en el cual según los reportes de causas el factor humano es una de las principales causas cabe indicar que los efectivos de la policía nacional del Perú al momento de hacer la constatación del suceso solo utilizan criterios que direccionan la culpabilidad al factor humano, sea conductor o peatón, sin considerar que la causa del accidente podría darse a causa de la vía o de los dispositivos de control de tránsito.

3.5.4.5 Identificación de tramos de concentración de accidentes (TCA)

Para la identificación de los tramos con mayor ocurrencia de accidentes de tránsito realizamos una nueva distribución de accidentes de tránsito según lugar de ocurrencia basándonos en los segmentos divididos a lo largo de nuestro tramo en estudio, considerando los parámetros básicos para el cálculo del índice de peligrosidad de la vía.



Tabla N° 40: Accidentes por segmentos (2016 – 2019).

TRAMOS DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES (2016 - 2019)									
COMISARIA	SEGMENTO	INICIO	FINAL	LONGITUD	MUERTES	HERIDOS	N° ACC.	IMDA	IP
COMISARIA PUNO	SEG - 01	1363+815.00	1364+500.00	685.00	4	13	7	5493	0.51
	SEG - 02	1364+500.00	1365+200.00	700.00	2	0	3	5493	0.21
	SEG - 03	1365+200.00	1365+700.00	500.00	1	11	5	5493	0.50
	SEG - 04	1365+700.00	1366+100.00	400.00	0	0	1	5493	0.12
	SEG - 05	1366+100.00	1366+500.00	400.00	3	6	6	5493	0.75
	SEG - 06	1366+500.00	1367+000.00	500.00	0	0	0	5493	0.00
	SEG - 07	1367+000.00	1367+800.00	800.00	0	0	1	5493	0.06
	SEG - 08	1367+800.00	1368+250.00	450.00	1	2	6	5493	0.67
COMISARIA ICHU	SEG - 09	1368+250.00	1368+420.00	170.00	0	1	1	5493	0.29
	SEG - 10	1368+420.00	1369+270.00	850.00	1	9	13	5493	0.76
	SEG - 11	1369+270.00	1369+670.00	400.00	0	0	0	5493	0.00
	SEG - 12	1369+670.00	1370+370.00	700.00	0	0	4	5493	0.29
	SEG - 13	1370+370.00	1371+000.00	630.00	0	0	0	5493	0.00
	SEG - 14	1371+000.00	1371+900.00	900.00	0	0	0	5493	0.00
	SEG - 15	1371+900.00	1372+500.00	600.00	4	13	16	5493	1.33
	SEG - 16	1372+500.00	1373+250.00	750.00	0	4	9	5493	0.60
	SEG - 17	1373+250.00	1374+250.00	1000.00	2	13	15	5493	0.75
COMISARIA CHUCUITO	SEG - 18	1374+250.00	1374+920.00	670.00	1	13	7	5493	0.52
	SEG - 19	1374+920.00	1375+270.00	350.00	0	6	2	5493	0.29
	SEG - 20	1375+270.00	1376+100.00	830.00	1	12	7	5493	0.42
	SEG - 21	1376+100.00	1377+000.00	900.00	0	3	6	5493	0.33
	SEG - 22	1377+000.00	1378+350.00	1350.00	9	28	14	5493	0.52
	SEG - 23	1378+350.00	1379+650.00	1300.00	4	33	7	4434	0.33
	SEG - 24	1379+650.00	1380+450.00	800.00	1	3	2	4434	0.15
	SEG - 25	1380+450.00	1381+200.00	750.00	0	5	7	4434	0.58
	SEG - 26	1381+200.00	1383+200.00	2000.00	1	0	1	4434	0.03
COMISARIA PLATERIA	SEG - 27	1383+200.00	1384+050.00	850.00	0	15	7	4434	0.51
	SEG - 28	1384+050.00	1385+050.00	1000.00	0	8	4	4434	0.25
	SEG - 29	1385+050.00	1386+750.00	1700.00	0	45	13	4434	0.47
	SEG - 30	1386+750.00	1388+050.00	1300.00	2	11	8	4434	0.38
	SEG - 31	1388+050.00	1389+000.00	950.00	0	7	7	4434	0.46
	SEG - 32	1389+000.00	1390+900.00	1900.00	2	24	11	4434	0.36
COMISARIA ACORA	SEG - 33	1390+900.00	1393+550.00	2650.00	0	16	13	4434	0.30
	SEG - 34	1393+550.00	1395+800.00	2250.00	6	7	5	3650	0.17
	SEG - 35	1395+800.00	1397+450.00	1650.00	0	25	10	3650	0.45
	SEG - 36	1397+450.00	1398+750.00	1300.00	4	11	8	3650	0.46
	SEG - 37	1398+750.00	1400+450.00	1700.00	1	21	7	3650	0.31
	SEG - 38	1400+450.00	1401+300.00	850.00	0	27	13	3650	1.15



	SEG - 39	1401+300.00	1403+300.00	2000.00	1	23	3	3650	0.11
	SEG - 40	1403+300.00	1404+700.00	1400.00	1	3	3	3650	0.16
	SEG - 41	1404+700.00	1406+150.00	1450.00	2	7	3	3650	0.16
	SEG - 42	1406+150.00	1407+150.00	1000.00	0	22	9	3650	0.68
	SEG - 43	1407+150.00	1408+100.00	950.00	1	5	3	3650	0.24
	SEG - 44	1408+100.00	1408+800.00	700.00	3	16	4	3650	0.43
	SEG - 45	1408+800.00	1410+000.00	1200.00	0	2	2	3650	0.13
COMISARIA	SEG - 46	1410+000.00	1410+400.00	400.00	6	13	2	3650	0.38
ILAVE	SEG - 47	1410+400.00	1411+311.00	911.00	6	2	8	3650	0.66

Fuente: Propia

En el siguiente grafico se puede apreciar claramente el incremento de la ocurrencia de accidentes en los segmentos 10, 15, 17, 22, 29, 32, 33, 35 y 38 por encima de los 10 accidentes registrados por lugar con tramos de diferentes longitudes, las víctimas mortales

y con consecuencias leves varían en función a la gravedad de los accidentes ocurridos tal como se muestra en la figura N° 79.

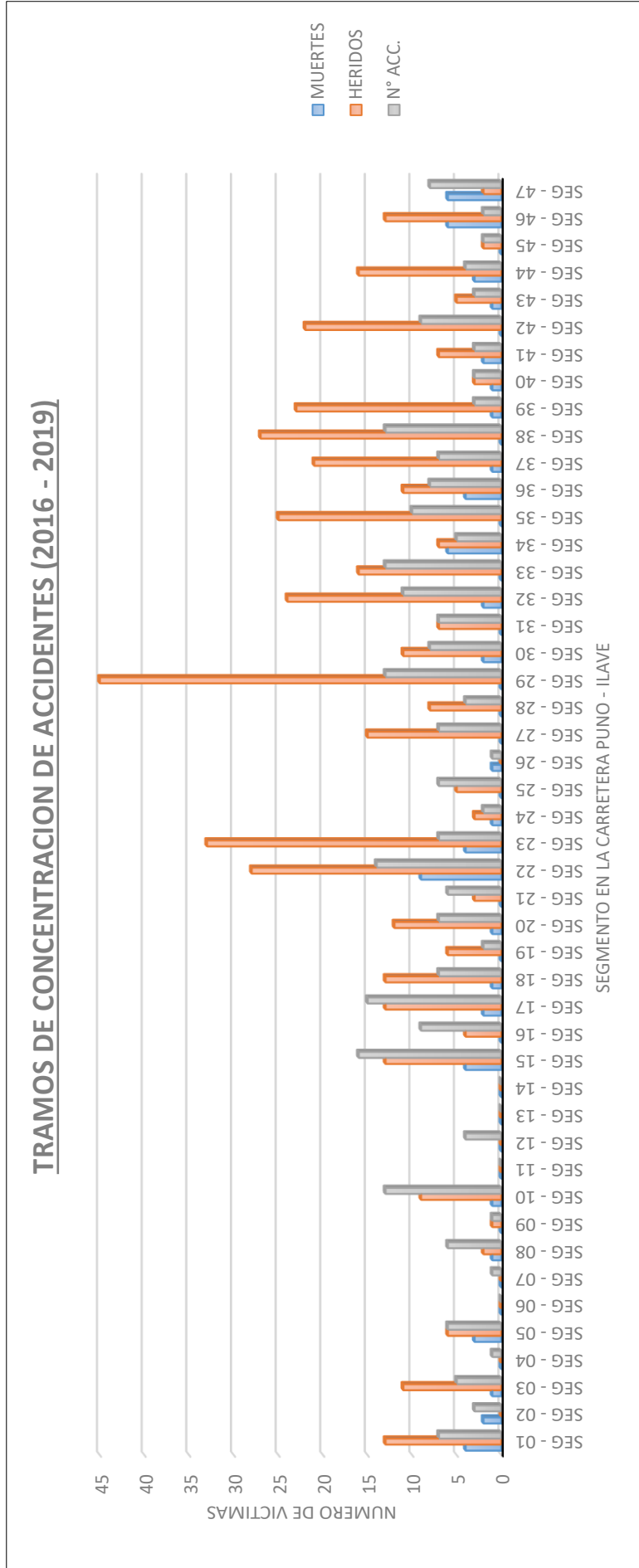


Figura N° 65: Accidentes por cada segmento.

Fuente: Elaboración propia



3.5.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO - HSM

Para la aplicación del método predictivo de accidentes del HSM en la presente investigación se considera la unidad de medición del sistema internacional (SI), En tanto tenemos que realizar ajustes para adecuar las unidades para la condición local nos basaremos en el manual de seguridad vial, capítulo V, paso 6 (método predictivo), en la cual adopta los parámetros de predicción de accidentes del manual para su aplicación local. Las fórmulas y parámetros para cada factor de modificación de accidentes se encuentran en el Capítulo 10 del AASHTO Highway Safety Manual 2010, y también citados en el capítulo II de la presente investigación.

Procedimiento de aplicación en los segmentos de carretera

Para organizar mejor el trabajo se agruparon los datos principales según las condiciones base de los segmentos en una sola tabla y luego se aplicó los pasos dentro de esta etapa para cada segmento de forma independiente.

Pasos 1-8

Con los análisis realizados en los diferentes estudios previos, se aplicó el método predictivo del HSM en la red vial Nacional – ruta PE-3S tramo Puno - Ilave para estimar la frecuencia de accidentes esperados utilizando datos estadísticos de accidentes registrados durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019. El tramo tiene una longitud de 47.496 Km; que comprende desde el desvío Jayllihuaya Km. 1363+815 hasta el Km. 1411+311 localizado en la unidad de peaje de la ciudad de Ilave.

El IMDA fue obtenida mediante conteo vehicular en tres estaciones para el año 2019 y se estima mediante fórmula para los años 2018, 2017 y 2016, presentados en la tabla N° 35



Uno de los pasos importantes en la aplicación del método predictivo del HSM es fraccionar la red de carretera en sitios individuales llamados segmentos, teniendo en cuenta las condiciones básicas para cada segmento como tramos homogéneos tanto en lo que es características del diseño geométrico de la carretera, y entorno de la vía.

Para obtener un valor adecuado de C_r se utiliza una muestra de 30 a 50 sitios, los cuales deben sumar 100 accidentes por año como mínimo y tener una longitud mínima recomendada de cada sitio de 160 metros (0,1 millas), suficiente para representar adecuadamente las condiciones físicas y de seguridad del lugar en proceso de calibración.

Las características del diseño geométrico de la carretera se presentan en la tabla N° 42, esta información será importante para el análisis de los factores de modificación de accidentes. La vía se dividió en 47 segmentos de longitudes variables con tramos de tangentes y curvas ver tabla N° 41.

Paso 9. Cálculo de función de desempeño de seguridad (FDS)

Para el cálculo de la función de desempeño de seguridad para el periodo de análisis es desde el año 2016 al 2019, para tal nos basaremos en la siguiente ecuación, considerando las unidades del sistema internacional (SI), basándonos en lo establecido por el manual de seguridad vial 2017, publicada por el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), los resultados se muestran en la tabla N° 41

Ejemplo: datos del segmento SEG-01 con volumen de tránsito del año 2019

- Longitud del segmento = 685.00m = **0.685 km**
- IMDA año 2019 = 5 964 veh/día
- EL SEG-01 no presenta curvas
- Sin Accesos
- Pendiente longitudinal: 0,1



$$N_{FDS} = \text{IMDA} \times L \times 365 \times 10^{-6} \times e^{(-0.312)} \quad \text{ecuación 5}$$

$$N_{FDS} = 6\,349 \times 0.685 \times 365 \times 10^{-6} \times e^{-0.312}$$

$$N_{FDS} = 1.1620$$

$$K = \frac{0.236}{L} \quad \text{ecuación 6}$$

$$K = \frac{0.236}{0.685}$$

$$K = 0.345$$

Paso 10. Aplicar los FMAs

Se multiplica el resultado obtenido en el Paso 9 por los FMAs apropiados para ajustar la frecuencia de accidentes previstos (NFDS) al diseño geométrico específico del sitio y características de control de tráfico. Los resultados de la combinación de los factor de modificación de accidentes se encuentran resumido en la tabla N° 43 para el año 2019, y otros años de análisis están en el anexo E.

$$N_{\text{predicho}} = N_{FDS} \times (\text{FMA1} \times \text{FMA2} \times \dots \times \text{FMA12}) \times Cr \quad \text{ecuación 4}$$

Paso 11. Aplicar un Cr

Se utilizó el factor de calibración (Cr) igual a 1,00 y los resultados de la frecuencia promedio de accidentes predichos del año 2019 están en la tabla N° 44

Paso 12. regresar al Paso 8 para evaluar los años 2016, 2017, 2018 y 2019. Los resultados de los accidentes predichos por nivel de severidad del 2019 se pueden ver en la tabla N° 45.

Paso 13. Se aplica el método EB de sitio específico por contar con data de accidentes observados para cada segmento, la tabla N° 46 no muestra el cálculo de los accidente esperados con la metodología EB para el año 2019.



Paso 14. Regresar al paso 7 para analizar los 47 segmentos

Pasos 16-18. No se aplicó el método EB a nivel proyecto del paso 15, los sumatoria de los años de análisis se aprecian en la tabla N°47 obteniendo como resultado los factores de calibración para cada año.

Tabla N° 41: Cálculo de la función de desempeño de seguridad.

FUNCIÓN DE DESEMPEÑO DE SEGURIDAD, PERIODO 2016 - 2021											
ESTACIÓN	LONGITUD DE SEGMENTO			N fds (periodo de análisis)							
	N°	(m)	Km	2016		2017		2018		2019	
				IMDA	Nfds	IMDA	Nfds	IMDA	Nfds	IMDA	Nfds
ESTACIÓN E-01	SEG-01	685	0.685	5964	1.0915	6369	1.1657	6330	1.1584	6349	1.1620
	SEG-02	700	0.700	5964	1.1154	6369	1.1912	6330	1.1838	6349	1.1874
	SEG-03	500	0.500	5964	0.7967	6369	0.8508	6330	0.8456	6349	0.8481
	SEG-04	400	0.400	5964	0.6374	6369	0.6807	6330	0.6764	6349	0.6785
	SEG-05	400	0.400	5964	0.6374	6369	0.6807	6330	0.6764	6349	0.6785
	SEG-06	500	0.500	5964	0.7967	6369	0.8508	6330	0.8456	6349	0.8481
	SEG-07	800	0.800	5964	1.2747	6369	1.3613	6330	1.3529	6349	1.3570
	SEG-08	450	0.450	5964	0.7170	6369	0.7658	6330	0.7610	6349	0.7633
	SEG-09	170	0.170	5964	0.2709	6369	0.2893	6330	0.2875	6349	0.2884
	SEG-10	850	0.850	5964	1.3544	6369	1.4464	6330	1.4375	6349	1.4418
	SEG-11	400	0.400	5964	0.6374	6369	0.6807	6330	0.6764	6349	0.6785
	SEG-12	700	0.700	5964	1.1154	6369	1.1912	6330	1.1838	6349	1.1874
	SEG-13	630	0.630	5964	1.0038	6369	1.0721	6330	1.0654	6349	1.0687
	SEG-14	900	0.900	5964	1.4341	6369	1.5315	6330	1.5220	6349	1.5267
	SEG-15	600	0.600	5964	0.9560	6369	1.0210	6330	1.0147	6349	1.0178
	SEG-16	750	0.750	5964	1.1950	6369	1.2763	6330	1.2683	6349	1.2722
	SEG-17	1000	1.000	5964	1.5934	6369	1.7017	6330	1.6911	6349	1.6963
	SEG-18	670	0.670	5964	1.0676	6369	1.1401	6330	1.1331	6349	1.1365
	SEG-19	350	0.350	5964	0.5577	6369	0.5956	6330	0.5919	6349	0.5937
	SEG-20	830	0.830	5964	1.3225	6369	1.4124	6330	1.4036	6349	1.4079
	SEG-21	900	0.900	5964	1.4341	6369	1.5315	6330	1.5220	6349	1.5267
	SEG-22	1350	1.350	5964	2.1511	6369	2.2973	6330	2.2830	6349	2.2900
	SEG-23	1300	1.300	5964	2.0714	6369	2.2122	6330	2.1985	6349	2.2052
ESTACIÓN E-02	SEG-24	800	0.800	4814	1.0290	5141	1.0989	5109	1.0921	5125	1.0954
	SEG-25	750	0.750	4814	0.9647	5141	1.0302	5109	1.0238	5125	1.0269
	SEG-26	2000	2.000	4814	2.5724	5141	2.7472	5109	2.7302	5125	2.7385
	SEG-27	850	0.850	4814	1.0933	5141	1.1676	5109	1.1603	5125	1.1639
	SEG-28	1000	1.000	4814	1.2862	5141	1.3736	5109	1.3651	5125	1.3693
	SEG-29	1700	1.700	4814	2.1866	5141	2.3352	5109	2.3207	5125	2.3277
	SEG-30	1300	1.300	4814	1.6721	5141	1.7857	5109	1.7746	5125	1.7800
	SEG-31	950	0.950	4814	1.2219	5141	1.3049	5109	1.2968	5125	1.3008
	SEG-32	1900	1.900	4814	2.4438	5141	2.6099	5109	2.5937	5125	2.6016
	SEG-33	2650	2.650	4814	3.4085	5141	3.6401	5109	3.6175	5125	3.6285
	ESTACIÓN E-03	SEG-34	2250	2.250	3962	2.3818	4231	2.5437	4205	2.5279	4218
SEG-35		1650	1.650	3962	1.7467	4231	1.8654	4205	1.8538	4218	1.8594
SEG-36		1300	1.300	3962	1.3762	4231	1.4697	4205	1.4606	4218	1.4650
SEG-37		1700	1.700	3962	1.7996	4231	1.9219	4205	1.9100	4218	1.9158
SEG-38		850	0.850	3962	0.8998	4231	0.9609	4205	0.9550	4218	0.9579
SEG-39		2000	2.000	3962	2.1172	4231	2.2611	4205	2.2470	4218	2.2539
SEG-40		1400	1.400	3962	1.4820	4231	1.5827	4205	1.5729	4218	1.5777
SEG-41		1450	1.450	3962	1.5349	4231	1.6393	4205	1.6291	4218	1.6341
SEG-42		1000	1.000	3962	1.0586	4231	1.1305	4205	1.1235	4218	1.1269
SEG-43		950	0.950	3962	1.0057	4231	1.0740	4205	1.0673	4218	1.0706
SEG-44		700	0.700	3962	0.7410	4231	0.7914	4205	0.7865	4218	0.7889
SEG-45		1200	1.200	3962	1.2703	4231	1.3566	4205	1.3482	4218	1.3523
SEG-46		400	0.400	3962	0.4234	4231	0.4522	4205	0.4494	4218	0.4508
SEG-47		911	0.911	3962	0.9644	4231	1.0299	4205	1.0235	4218	1.0266
Accidentes en condiciones Base, Nfpc =				61.9113	66.1189	65.7083	65.9089				

Tabla N° 42: Información base para la aplicación del método predictivo

SEG.	SEGMENTO		ANCHO DE BERMIA			CURVATURA			ACCESOS			BANDA SONORA	CARRIL DE GIRO A LA IZQUIERDA SOBRE PASO	CARRIL DE GIRO A LA DERECHA SOBRE PASO	INDICE DE PELIGROSIDAD	ILUMINACIÓN	REG.VEL. AUTO						
	DESDE	HASTA	LONG (km)	Media (m)	Media (ft)	Radio (m)	Radio (ft)	L. curva (m)	L. curva (mi)	SOBRE ANCHO	SV							PERALTE	LONG	PENDIENTE	NÚMERO	DENSIDAD	
SEG-01	1363+815.00	1364+500.00	0.685	4.26	3.39	11.11	1.65	5.41	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	5	No	NO	3	No Existe	NO		
SEG-02	1364+500.00	1365+200.00	0.700	0.435	3.43	11.24	1.00	3.28	AFIRMADO	400.00	1312.34	379.70	0.24	SI	0.00529	4%	0.2%	NO	NO	3	No Existe	NO	
SEG-03	1365+200.00	1365+700.00	0.500	0.311	3.40	11.15	0.90	2.95	AFIRMADO	250.00	820.21	137.12	0.09	SI	-0.00043	3%	-0.2%	NO	NO	2	No Existe	NO	
SEG-04	1365+700.00	1366+100.00	0.400	0.249	3.40	11.15	1.75	5.74	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	1	4	No	NO	3	Existe	NO	
SEG-05	1366+100.00	1366+500.00	0.400	0.249	3.45	11.32	1.60	5.25	AFIRMADO	250.00	820.21	108.31	0.07	SI	-0.00156	5%	0.2%	NO	NO	0	No Existe	NO	
SEG-06	1366+500.00	1367+000.00	0.500	0.311	3.40	11.15	1.50	4.92	AFIRMADO	600.00	1968.50	113.28	0.07	SI	-0.00126	2%	-0.2%	NO	NO	2	No Existe	NO	
SEG-07	1367+000.00	1367+800.00	0.800	0.497	3.40	11.15	1.20	3.94	AFIRMADO	300.00	984.25	219.16	0.14	SI	0.04362	7%	0.1%	NO	NO	1	2	Existe	NO
SEG-08	1367+800.00	1368+250.00	0.450	0.280	3.43	11.24	1.50	4.92	AFIRMADO	1300.00	4265.09	106.73	0.07	NO	0.03061	4%	0.2%	NO	NO	1	4	No Existe	NO
SEG-09	1368+250.00	1368+420.00	0.170	0.106	3.45	11.32	1.10	3.61	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	0	0	No	NO	0	2	Existe	NO
SEG-10	1368+420.00	1369+270.00	0.850	0.528	3.40	11.15	1.05	3.44	AFIRMADO	625.00	2050.52	322.05	0.20	SI	0.01064	4%	0.3%	NO	NO	1	2	Existe	NO
SEG-11	1369+270.00	1369+670.00	0.400	0.249	3.43	11.24	1.00	3.28	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	0	0	No	NO	0	3	No Existe	NO
SEG-12	1369+670.00	1370+370.00	0.700	0.435	3.40	11.15	0.90	2.95	AFIRMADO	1150.00	3772.97	253.06	0.16	NO	0.00139	2%	0.5%	NO	NO	2	5	No Existe	NO
SEG-13	1370+370.00	1371+000.00	0.630	0.391	3.55	11.65	1.00	3.28	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	1	3	No	NO	1	3	No Existe	NO
SEG-14	1371+000.00	1371+900.00	0.900	0.559	3.40	11.15	0.88	2.87	AFIRMADO	350.00	1148.29	134.97	0.08	SI	0.00301	5%	0.2%	NO	NO	1	2	No Existe	NO
SEG-15	1371+900.00	1372+500.00	0.600	0.373	3.40	11.15	0.75	2.46	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	3	8	No	NO	0	4	No Existe	NO
SEG-16	1372+500.00	1373+250.00	0.750	0.466	3.45	11.32	0.95	3.12	AFIRMADO	400.00	1312.34	291.87	0.18	SI	-0.00795	3%	0.2%	NO	NO	1	2	No Existe	NO
SEG-17	1373+250.00	1374+250.00	1.000	0.621	3.48	11.40	0.60	1.97	AFIRMADO	900.00	2952.76	164.74	0.10	SI	0.00090	2%	1.0%	NO	NO	3	5	No Existe	NO
SEG-18	1374+250.00	1374+920.00	0.670	0.416	3.40	11.15	1.15	3.77	AFIRMADO	350.00	1148.29	257.92	0.16	NO	0.00527	5%	-2.5%	NO	NO	2	5	No Existe	NO
SEG-19	1374+920.00	1375+270.00	0.350	0.217	3.50	11.48	1.75	5.74	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	2	9	No	NO	2	9	No Existe	NO
SEG-20	1375+270.00	1376+100.00	0.830	0.516	3.45	11.32	1.35	4.43	AFIRMADO	300.00	984.25	372.65	0.23	SI	0.01616	6%	3.8%	NO	NO	1	2	No Existe	NO
SEG-21	1376+100.00	1377+000.00	0.900	0.559	3.48	11.40	1.13	3.69	AFIRMADO	205.00	672.57	297.31	0.18	SI	0.03500	0%	-3.8%	NO	NO	2	4	Existe	NO
SEG-22	1377+000.00	1378+350.00	1.350	0.839	3.53	11.56	2.00	6.56	AFIRMADO	900.00	2952.76	165.74	0.10	NO	0.00697	2%	5.7%	NO	NO	4	5	Existe	NO
SEG-23	1378+350.00	1379+650.00	1.300	0.808	3.55	11.65	1.20	3.94	AFIRMADO	900.00	2952.76	134.19	0.08	NO	0.00278	2%	-0.3%	NO	NO	1	1	No Existe	NO
SEG-24	1379+650.00	1380+450.00	0.800	0.497	3.45	11.32	0.75	2.46	AFIRMADO	520.00	1706.04	207.88	0.13	SI	-0.01338	2%	5.7%	NO	NO	2	4	No Existe	NO
SEG-25	1380+450.00	1381+200.00	0.750	0.466	3.50	11.48	1.50	4.92	AFIRMADO	500.00	1640.42	318.13	0.20	SI	0.03994	7%	-2.9%	NO	NO	4	9	No Existe	NO
SEG-26	1381+200.00	1383+200.00	2.000	1.243	3.40	11.15	1.45	4.76	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	1	1	No	NO	1	1	No Existe	NO
SEG-27	1383+200.00	1384+050.00	0.850	0.528	3.45	11.32	0.80	2.62	AFIRMADO	400.00	1312.34	312.82	0.19	SI	0.03374	7%	3.7%	NO	NO	3	6	No Existe	NO
SEG-28	1384+050.00	1385+050.00	1.000	0.621	3.45	11.32	1.00	3.28	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	3	5	No	NO	3	5	No Existe	NO
SEG-29	1385+050.00	1386+750.00	1.700	1.056	3.45	11.32	1.00	3.28	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	1	1	No	NO	1	1	No Existe	NO
SEG-30	1386+750.00	1388+050.00	1.300	0.808	3.35	10.99	1.05	3.44	AFIRMADO	500.00	1640.42	403.04	0.25	SI	0.03485	5%	0.8%	NO	NO	6	7	No Existe	NO
SEG-31	1388+050.00	1389+000.00	0.950	0.590	3.23	10.58	1.50	4.92	AFIRMADO	1050.00	3444.88	333.57	0.21	NO	0.01440	3%	0.3%	NO	NO	2	3	No Existe	NO
SEG-32	1389+000.00	1390+900.00	1.900	1.181	3.25	10.66	1.35	4.43	AFIRMADO	0.00	0.00	0.00	0.00	NO	0.00	3	3	No	NO	3	3	No Existe	NO
SEG-33	1390+900.00	1393+550.00	2.650	1.647	3.25	10.66	1.10	3.61	AFIRMADO	500.00	1640.42	357.21	0.22	SI	0.01838	3%	-0.2%	NO	NO	9	5	Existe	NO

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA PARA LA PREDICCIÓN DE ACCIDENTES CON HSM -2010



SEGME NTO	SEGMENTO		Ancho de carril		Ancho de Berma		CURVATURA				ACCESOS			INDICE DE PELIGROSIDAD		REG-VELA UTO			
	DESDE	HASTA	LONG G (Km)	LONG Media (m)	Media Medialf (m)	Media Medialf (ft)	TIPO	Radio(m)	Radio(ft)	L curvat(m)	L curvat(mi)	PENDIENTE LONG	PERALT E	NUMERO	DENSIDAD		BANDA SONORA	CARRI L DE GIRO A LA SOBRE IZQUIERDO PASO A	ILUMINCAO N
SEG-34	1393+550.00	1395+800.00	2.250	1.398	3.48	11.40	1.00	3.28	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	0.8%	1	1	No	NO	No Existe	NO
SEG-35	1395+800.00	1397+450.00	1.650	1.025	3.33	10.91	1.20	3.94	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	0.4%	2	2	No	NO	No Existe	NO
SEG-36	1397+450.00	1398+750.00	1.300	0.808	3.33	10.91	1.05	3.44	AFRMADO	3000.00	9842.52	6.66	0.3%	2	2	No	NO	No Existe	NO
SEG-37	1398+750.00	1400+450.00	1.700	1.056	3.38	11.07	1.15	3.77	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	-0.3%	2	2	No	NO	No Existe	NO
SEG-38	1400+450.00	1401+300.00	0.850	0.528	3.38	11.07	1.10	3.61	AFRMADO	3000.00	9842.52	25.52	-0.2%	3	6	No	NO	No Existe	NO
SEG-39	1401+300.00	1403+300.00	2.000	1.243	3.45	11.32	1.00	3.28	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	0.8%	1	1	No	NO	No Existe	NO
SEG-40	1403+300.00	1404+700.00	1.400	0.870	3.45	11.32	1.50	4.92	AFRMADO	2000.00	6561.68	11.15	0.4%	2	2	No	NO	No Existe	NO
SEG-41	1404+700.00	1406+150.00	1.450	0.901	3.47	11.37	0.78	2.54	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	0.5%	4	4	No	NO	No Existe	NO
SEG-42	1406+150.00	1407+150.00	1.000	0.621	3.45	11.32	1.20	3.94	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	1.1%	0	0	No	NO	No Existe	NO
SEG-43	1407+150.00	1408+100.00	0.950	0.590	3.45	11.32	1.25	4.10	AFRMADO	1500.00	4921.26	438.94	-0.7%	2	3	No	NO	No Existe	NO
SEG-44	1408+100.00	1408+800.00	0.700	0.435	3.43	11.24	1.35	4.43	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	-0.5%	2	5	No	NO	No Existe	NO
SEG-45	1408+800.00	1410+000.00	1.200	0.746	3.40	11.15	1.00	3.28	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	-0.4%	0	0	No	NO	No Existe	NO
SEG-46	1410+000.00	1410+400.00	0.400	0.249	3.40	11.15	1.00	3.28	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	-0.9%	2	8	No	NO	No Existe	NO
SEG-47	1410+400.00	1411+511.00	0.911	0.566	3.43	11.24	1.75	5.74	AFRMADO	0.00	0.00	0.00	0.6%	3	5	No	NO	Existe	NO



ANÁLISIS DEL FACTOR DE MODIFICACION DE ACCIDENTES PARA EL AÑO 2019.

Tabla N° 43: Combinación de FMAs periodo 2019

Hoja de trabajo 1B - Factores de Modificación de Accidentes por Segmento de Carretera.													
SEGMENTO	FMA para Ancho de Carril	FMA para Ancho y Tipo de Berma	FMA para Curva horizontal: Longitud	FMA para Curva horizontal: Peralte	FMA para Pendiente Longitudinal	FMA para Densidad de Accesos	FMA para Banda sonora en el Separador Central	FMA para Carril de paso	FMA para Para Carril de Giro a la Izquierda	FMA para Diseño de Carretera	FMA para Iluminación	FMA para Regulación Automatizada de Velocidad	FMA combinado
	FMA1	FMA2	FMA3	FMA4	FMA5	FMA6	FMA7	FMA8	FMA9	FMA10	FMA11	FMA12	FMA13
SEG-01	1.02870	1.05539	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.08568
SEG-02	1.02870	1.13618	1.16711	1.00000	1.00000	1.03342	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.40969
SEG-03	1.02870	1.13618	1.74040	1.00000	1.00000	1.02532	1.00000	1.00000	1.00000	1.14294	1.00000	1.00000	2.38378
SEG-04	1.02870	1.01148	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.92155	1.00000	0.95888
SEG-05	1.02870	1.05539	1.93734	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	2.24863
SEG-06	1.02870	1.05539	1.37342	1.00000	1.00000	1.02532	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.52885
SEG-07	1.02870	1.09270	1.38603	1.07086	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	0.92155	1.00000	1.64372
SEG-08	1.02870	1.05539	1.18293	1.03183	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.32515
SEG-09	1.02870	1.09270	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	0.92155	1.00000	0.96895
SEG-10	1.02870	1.13618	1.12610	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	0.92155	1.00000	1.29671
SEG-11	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.16879
SEG-12	1.02870	1.13618	1.08721	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.27072
SEG-13	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	1.00000	1.00000	1.09327
SEG-14	1.02870	1.13618	1.53728	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.79676
SEG-15	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.05367	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.31659
SEG-16	1.02870	1.13618	1.21740	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.42288
SEG-17	1.02870	1.13618	1.17118	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.46343
SEG-18	1.02870	1.09270	1.28116	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.22189	1.00000	1.00000	1.75965
SEG-19	1.02870	1.01148	1.00000	1.00000	1.00000	1.07392	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.19461
SEG-20	1.02870	1.09270	1.22703	1.03697	1.10000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.57328
SEG-21	1.02870	1.09270	1.41643	1.04500	1.10000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.22189	0.92155	1.00000	2.06085
SEG-22	1.02870	1.01148	1.17015	1.00000	1.10000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.14294	0.92155	1.00000	1.41066
SEG-23	1.02870	1.09270	1.21016	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.36029
SEG-24	1.02870	1.13618	1.23480	1.00000	1.10000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.69721
SEG-25	1.02870	1.05539	1.15956	1.05982	1.00000	1.07288	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.53035
SEG-26	1.02870	1.05539	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.08568
SEG-27	1.02870	1.13618	1.20284	1.04121	1.10000	1.01383	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.74522
SEG-28	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.16879
SEG-29	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.16879
SEG-30	1.02870	1.13618	1.12595	1.04455	1.00000	1.04938	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	0.92155	1.00000	1.42117
SEG-31	1.02870	1.05539	1.07247	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.16435
SEG-32	1.02870	1.09270	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	1.00000	1.00000	1.05143
SEG-33	1.02870	1.09270	1.14211	1.05029	1.00000	1.00947	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	0.92155	1.00000	1.34101
SEG-34	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	1.00000	1.00000	1.09327
SEG-35	1.02870	1.09270	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.12406
SEG-36	1.02870	1.13618	2.27031	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	2.65352
SEG-37	1.02870	1.09270	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	1.00000	1.00000	1.05143
SEG-38	1.02870	1.09270	1.33152	1.00000	1.00000	1.01547	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.62485
SEG-39	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	1.00000	1.00000	1.09327
SEG-40	1.02870	1.05539	2.13815	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	1.00000	1.00000	2.17135
SEG-41	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.16879
SEG-42	1.02870	1.09270	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.20171
SEG-43	1.02870	1.09270	1.03855	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.16739
SEG-44	1.02870	1.09270	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.12406
SEG-45	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.93538	1.00000	1.00000	1.09327
SEG-46	1.02870	1.13618	1.00000	1.00000	1.00000	1.06930	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	1.00000	1.00000	1.33613
SEG-47	1.02870	1.01148	1.00000	1.00000	1.00000	1.00682	1.00000	1.00000	1.00000	1.06908	0.92155	1.00000	1.03211

∑FMAs comb.= 1.4053410



Tabla N° 44: Frecuencia Promedio De Accidentes Predichos.

SEGMENTO	Hoja de trabajo 1C - Accidentes en segmentos de una carretera (2019)							
	1 NIVEL DE GRAVEDAD DEL ACCIDENTE	2 Nspf rs	3 Parametro de sobredispersión, K	4 DISTRIBUCION POR SEVERIDAD DE ACCIDENTE	5 Nspf rs por distribución de severidad	6 FMAs combinado	7 Factor de Calibración, Cr	8 Frecuencia promedio de accidentes predichos, Npredichos
	TOTAL	1.162	0.215	100.0%	1.162	1.086	1	1.2615
SEG-01	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.373	1.086	1	0.4049
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.789	1.086	1	0.8566
	TOTAL	1.187	0.210	100.0%	1.187	1.412	1	1.6763
SEG-02	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.381	1.412	1	0.5381
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.806	1.412	1	1.1382
	TOTAL	0.848	0.294	100.0%	0.848	2.386	1	2.0241
SEG-03	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.272	2.386	1	0.6497
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.576	2.386	1	1.3743
	TOTAL	0.679	0.368	100.0%	0.679	0.959	1	0.6506
SEG-04	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.218	0.959	1	0.2088
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.461	0.959	1	0.4418
	TOTAL	0.679	0.368	100.0%	0.679	2.249	1	1.5257
SEG-05	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.218	2.249	1	0.4898
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.461	2.249	1	1.0360
	TOTAL	0.848	0.294	100.0%	0.848	1.531	1	1.2981
SEG-06	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.272	1.531	1	0.4167
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.576	1.531	1	0.8814
	TOTAL	1.357	0.184	100.0%	1.357	1.644	1	2.2306
SEG-07	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.436	1.644	1	0.7160
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.921	1.644	1	1.5146
	TOTAL	0.763	0.327	100.0%	0.763	1.325	1	1.0115
SEG-08	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.245	1.325	1	0.3247
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.518	1.325	1	0.6868
	TOTAL	0.288	0.865	100.0%	0.288	0.969	1	0.2794
SEG-09	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.093	0.969	1	0.0897
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.196	0.969	1	0.1897
	TOTAL	1.442	0.173	100.0%	1.442	1.297	1	1.8696
SEG-10	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.463	1.297	1	0.6002
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.979	1.297	1	1.2695
	TOTAL	0.679	0.368	100.0%	0.679	1.169	1	0.7930
SEG-11	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.218	1.169	1	0.2546
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.461	1.169	1	0.5385
	TOTAL	1.187	0.210	100.0%	1.187	1.271	1	1.5089
SEG-12	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.381	1.271	1	0.4843
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.806	1.271	1	1.0245
	TOTAL	1.069	0.233	100.0%	1.069	1.093	1	1.1683
SEG-13	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.343	1.093	1	0.3750
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.726	1.093	1	0.7933
	TOTAL	1.527	0.163	100.0%	1.527	1.797	1	2.7430
SEG-14	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.490	1.797	1	0.8805
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.037	1.797	1	1.8625
	TOTAL	1.018	0.245	100.0%	1.018	1.320	1	1.3431
SEG-15	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.327	1.320	1	0.4311
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.691	1.320	1	0.9120
	TOTAL	1.272	0.196	100.0%	1.272	1.423	1	1.8102
SEG-16	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.408	1.423	1	0.5811
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.864	1.423	1	1.2291
	TOTAL	1.696	0.147	100.0%	1.696	1.463	1	2.4824
SEG-17	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.545	1.463	1	0.7968
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.152	1.463	1	1.6855
	TOTAL	1.137	0.219	100.0%	1.137	1.760	1	1.9999
SEG-18	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.365	1.760	1	0.6420
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.772	1.760	1	1.3579
SEG-19	TOTAL	0.594	0.420	100.0%	0.594	1.198	1	0.7115



	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.191	1.198	1	0.2284
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.403	1.198	1	0.4831
	TOTAL	1.408	0.177	100.0%	1.408	1.573	1	2.2150
SEG-20	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.452	1.573	1	0.7110
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.956	1.573	1	1.5040
	TOTAL	1.527	0.163	100.0%	1.527	2.061	1	3.1462
SEG-21	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.490	2.061	1	1.0099
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.037	2.061	1	2.1363
	TOTAL	2.290	0.109	100.0%	2.290	1.411	1	3.2304
SEG-22	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.735	1.411	1	1.0370
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.555	1.411	1	2.1934
	TOTAL	2.205	0.113	100.0%	2.205	1.360	1	2.9997
SEG-23	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.708	1.360	1	0.9629
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.497	1.360	1	2.0368
	TOTAL	1.095	0.184	100.0%	1.095	1.697	1	1.8591
SEG-24	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.352	1.697	1	0.5968
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.744	1.697	1	1.2624
	TOTAL	1.027	0.196	100.0%	1.027	1.534	1	1.5757
SEG-25	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.330	1.534	1	0.5058
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.697	1.534	1	1.0699
	TOTAL	2.739	0.074	100.0%	2.739	1.086	1	2.9732
SEG-26	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.879	1.086	1	0.9544
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.859	1.086	1	2.0188
	TOTAL	1.164	0.173	100.0%	1.164	1.746	1	2.0323
SEG-27	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.374	1.746	1	0.6524
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.790	1.746	1	1.3799
	TOTAL	1.369	0.147	100.0%	1.369	1.169	1	1.6004
SEG-28	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.440	1.169	1	0.5137
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.930	1.169	1	1.0867
	TOTAL	2.328	0.086	100.0%	2.328	1.169	1	2.7206
SEG-29	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.747	1.169	1	0.8733
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.581	1.169	1	1.8473
	TOTAL	1.780	0.113	100.0%	1.780	1.424	1	2.5343
SEG-30	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.571	1.424	1	0.8135
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.209	1.424	1	1.7208
	TOTAL	1.301	0.155	100.0%	1.301	1.164	1	1.5146
SEG-31	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.418	1.164	1	0.4862
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.883	1.164	1	1.0284
	TOTAL	2.602	0.077	100.0%	2.602	1.051	1	2.7354
SEG-32	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.835	1.051	1	0.8781
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.766	1.051	1	1.8573
	TOTAL	3.629	0.055	100.0%	3.629	1.341	1	4.8677
SEG-33	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	1.165	1.341	1	1.5625
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	2.464	1.341	1	3.3051
	TOTAL	2.536	0.065	100.0%	2.536	1.093	1	2.7721
SEG-34	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.814	1.093	1	0.8898
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.722	1.093	1	1.8823
	TOTAL	1.859	0.089	100.0%	1.859	1.124	1	2.0901
SEG-35	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.597	1.124	1	0.6709
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.263	1.124	1	1.4192
	TOTAL	1.465	0.113	100.0%	1.465	2.654	1	3.8874
SEG-36	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.470	2.654	1	1.2479
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.995	2.654	1	2.6396
	TOTAL	1.916	0.086	100.0%	1.916	1.051	1	2.0143
SEG-37	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.615	1.051	1	0.6466
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.301	1.051	1	1.3677
	TOTAL	0.958	0.173	100.0%	0.958	1.626	1	1.5572
SEG-38	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.307	1.626	1	0.4999
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.650	1.626	1	1.0574
	TOTAL	2.254	0.074	100.0%	2.254	1.093	1	2.4641
SEG-39	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.723	1.093	1	0.7910
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.530	1.093	1	1.6731



	TOTAL	1.578	0.105	100.0%	1.578	2.171	1	3.4258
SEG-40	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.506	2.171	1	1.0997
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.071	2.171	1	2.3261
	TOTAL	1.634	0.101	100.0%	1.634	1.169	1	1.9099
SEG-41	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.525	1.169	1	0.6131
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	1.110	1.169	1	1.2968
	TOTAL	1.127	0.147	100.0%	1.127	1.202	1	1.3543
SEG-42	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.362	1.202	1	0.4347
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.765	1.202	1	0.9195
	TOTAL	1.071	0.155	100.0%	1.071	1.167	1	1.2498
SEG-43	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.344	1.167	1	0.4012
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.727	1.167	1	0.8486
	TOTAL	0.789	0.210	100.0%	0.789	1.124	1	0.8867
SEG-44	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.253	1.124	1	0.2846
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.536	1.124	1	0.6021
	TOTAL	1.352	0.123	100.0%	1.352	1.093	1	1.4784
SEG-45	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.434	1.093	1	0.4746
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.918	1.093	1	1.0039
	TOTAL	0.451	0.368	100.0%	0.451	1.339	1	0.6036
SEG-46	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.145	1.339	1	0.1938
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.306	1.339	1	0.4098
	TOTAL	1.027	0.161	100.0%	1.027	1.032	1	1.0598
SEG-47	FATAL Y LESIONES (FL)			32.1%	0.330	1.032	1	0.3402
	SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)			67.9%	0.697	1.032	1	0.7196
TOTAL								91.1460
FATALES Y LESIONES (FL)								29.2579
SOLO DAÑOS A LA PROPIEDAD (SDP)								61.8881

Tabla N° 45: Accidentes predichos por nivel de severidad, del año 2019.

TIPO DE ACCIDENTE	PROPORCION DEL TIPO DE COLISION	Proporción		Proporción		
		Npredicho sr (total)	de tipo de colisión (FL)	Npredicho sr (FL)	de tipo de colisión (SDP)	Npredicho sr (SDP)
TOTAL	1	91.1460	1	29.2579	1	61.8881
UN SOLO VEHICULO						
COLISION CON ANIMAL (s)	0.121	11.029	0.038	1.112	0.184	11.387
COLISION CON BICICLETA (s)	0.002	0.182	0.004	0.117	0.001	0.062
COLISION CON PEATON (es)	0.003	0.273	0.007	0.205	0.001	0.062
VOLCADURA	0.025	2.279	0.037	1.083	0.015	0.928
DESPISTE	0.521	47.487	0.545	15.946	0.505	31.254
OTROS	0.021	1.914	0.007	0.205	0.029	1.795
TOTAL DE ACCIDENTES DE UN SOLO VEH.	0.693	63.164	0.638	18.667	0.735	45.488
MULTIPLES VEHICULOS						
COLISION EN ANGULOS	0.085	7.747	0.100	2.926	0.072	4.456
COLISION FRONTAL	0.016	1.458	0.034	0.995	0.003	0.186
COLISION POSTERIOR	0.142	12.943	0.164	4.798	0.122	7.550
COLISION LATERAL	0.037	3.372	0.038	1.112	0.038	2.352
OTROS	0.027	2.461	0.026	0.761	0.030	1.857
TOTAL DE ACCIDENTES POR MULTIPLES VEH.	0.307	27.982	0.362	10.591	0.265	16.400

Tabla N° 46: Accidentes Nesperado, Aplicando el Metodo EB, año 2019

SEGMENTO	HOJA DE TRABAJO 4A - Accidentes predichos y observados por severidad y tipo de sitio usando el Método EB						
	FRECUENCIA MEDIA DE ACCIDENTES PREDICHOS (accidentes/año)			Accidentes Observados, $N_{\text{observados}}$ (accidentes/año)	Parámetro de Sobre dispersión, K	AJUSTE PONDERADO W	FRECUENCIA MEDIA DE ACCIDENTES ESPERADOS Nesperado
	Npredicho (TOTAL)	Npredicho(FL)	Npredicho(SDP)				
SEG-01	1.262	0.405	0.857	3	0.215	0.787	1.632
SEG-02	1.676	0.538	1.138	1	0.210	0.740	1.500
SEG-03	2.024	0.650	1.374	1	0.294	0.627	1.642
SEG-04	0.651	0.209	0.442	0	0.368	0.807	0.525
SEG-05	1.526	0.490	1.036	0	0.368	0.641	0.978
SEG-06	1.298	0.417	0.881	0	0.294	0.724	0.940
SEG-07	2.231	0.716	1.515	0	0.184	0.709	1.582
SEG-08	1.012	0.325	0.687	0	0.327	0.752	0.760
SEG-09	0.279	0.090	0.190	1	0.865	0.805	0.420
SEG-10	1.870	0.600	1.269	6	0.173	0.756	2.879
SEG-11	0.793	0.255	0.538	0	0.368	0.774	0.614
SEG-12	1.509	0.484	1.025	1	0.210	0.759	1.386
SEG-13	1.168	0.375	0.793	0	0.233	0.786	0.918
SEG-14	2.743	0.881	1.863	0	0.163	0.691	1.894
SEG-15	1.343	0.431	0.912	3	0.245	0.752	1.753
SEG-16	1.810	0.581	1.229	3	0.196	0.738	2.122
SEG-17	2.482	0.797	1.686	3	0.147	0.733	2.621
SEG-18	2.000	0.642	1.358	4	0.219	0.695	2.610
SEG-19	0.711	0.228	0.483	0	0.420	0.770	0.548
SEG-20	2.215	0.711	1.504	2	0.177	0.718	2.154
SEG-21	3.146	1.010	2.136	1	0.163	0.661	2.418
SEG-22	3.230	1.037	2.193	4	0.109	0.740	3.431
SEG-23	3.000	0.963	2.037	4	0.113	0.747	3.253
SEG-24	1.859	0.597	1.262	1	0.184	0.745	1.640
SEG-25	1.576	0.506	1.070	1	0.196	0.764	1.440
SEG-26	2.973	0.954	2.019	0	0.074	0.821	2.440
SEG-27	2.032	0.652	1.380	0	0.173	0.740	1.504
SEG-28	1.600	0.514	1.087	2	0.147	0.810	1.676
SEG-29	2.721	0.873	1.847	3	0.086	0.810	2.774
SEG-30	2.534	0.814	1.721	2	0.113	0.777	2.415
SEG-31	1.515	0.486	1.028	0	0.155	0.810	1.227
SEG-32	2.735	0.878	1.857	5	0.077	0.825	3.131
SEG-33	4.868	1.563	3.305	2	0.055	0.787	4.258
SEG-34	2.772	0.890	1.882	1	0.065	0.847	2.500
SEG-35	2.090	0.671	1.419	1	0.089	0.843	1.919
SEG-36	3.887	1.248	2.640	5	0.113	0.695	4.227
SEG-37	2.014	0.647	1.368	1	0.086	0.852	1.864
SEG-38	1.557	0.500	1.057	1	0.173	0.788	1.439
SEG-39	2.464	0.791	1.673	1	0.074	0.847	2.240
SEG-40	3.426	1.100	2.326	0	0.105	0.735	2.519
SEG-41	1.910	0.613	1.297	0	0.101	0.838	1.600
SEG-42	1.354	0.435	0.920	3	0.147	0.834	1.627
SEG-43	1.250	0.401	0.849	0	0.155	0.838	1.047
SEG-44	0.887	0.285	0.602	1	0.210	0.843	0.905
SEG-45	1.478	0.475	1.004	0	0.123	0.847	1.252
SEG-46	0.604	0.194	0.410	0	0.368	0.818	0.494
SEG-47	1.060	0.340	0.720	2	0.161	0.854	1.197
TOTAL	91.146	29.258	61.888	69.000	9.290	36.278	85.916

3.5.5.1 Factor de calibración de accidentes (Cr).

Para el periodo de análisis 2016 – 2019, adaptada a condiciones locales, con el registro de accidentes a lo largo de la vía en estudio.

Tabla N° 47: *Factor de calibración del años de análisis (2016 – 2019)*

FACTOR DE CALIBRACION PARA LAS CONDICIONES LOCALES					
Año de análisis	Npsf sr	Frecuencia promedio de accidentes predichos, N predicho	Accidentes Observados, Nobservado	Frecuencia promedio de accidentes esperados, N esperados	Factor de calibración (Cr)
2016	61.911	85.618	64.000	80.029	0.800
2017	66.119	91.436	81.000	88.323	0.917
2018	65.708	90.869	72.000	86.289	0.834
2019	65.909	91.146	69.000	85.916	0.803
FACTOR DE CALIBRACION (Cr)					0.839

Fuente: Elaboración propia

3.5.5.2 Análisis de la aplicación del método predictivo de accidentes del hsm2010

Para la aplicación del método predictivo de accidentes del HSM en la presente investigación, tomamos como guía un documento aprobado para el uso nacional, como es el manual de seguridad vial 2017 del MTC.

Luego de realizar los cálculos y análisis de la frecuencia de accidentes para nuestro periodo de análisis considerado durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019, de los cuales en primera instancia obtenemos los accidentes predichos (Npredicho), el mismo que requiere un ajuste con respecto a los accidentes observados (Nobservados) y el parámetro de sobre dispersión (K), para lo cual utilizamos el método empírico de Bayes con lo que obtenemos una nueva predicción de accidentes al cual lo llamamos accidentes esperados (Nesperados). De los mismos se obtuvo un factor de calibración $Cr = 0.839$.



3.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES.

Variables e indicadores independientes.

Características geométricas: Ancho de carril, ancho de berma, radio de curvatura, longitud de curva, sobreamchos, peralte, bombeo, longitud de tangente, carriles de sobre paso, carriles de giro a la izquierda.

Índice medio diario anual (IMDA): Volumen promedio de tránsito de vehículos.

Dispositivos de control de tránsito: separador central, señales de tránsito horizontal y vertical, marcas en el pavimento, controladores de velocidad.

Variables e indicadores dependientes.

Accidentes de tránsito: accidentes de tránsitos registrados y accidentes de tránsitos predichos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS.

4.1.1 Análisis e interpretación de los resultados

a. Resultados del Objetivo general

La predicción de accidentes en condiciones base (Nfpc) en la presente investigación, presenta un valor bastante aproximado a los accidentes observados (Nobservado) para los años dentro del periodo de análisis 2016, 2017, 2018 y 2019 un valor de 61.91, 66.12, 65.71, 65.91 respectivamente de los cuales se realizó el cálculo accidentes predichos (Npredicho) ver tabla N° 47, y se obtuvo el valor de 85.62, 91.44, 90.87 y 91.15 para cada año respectivamente, con lo cual se puede observar una sobreestimación de los accidentes para lo cual se realiza un ajuste aplicando el método empírico de Bayes al cual se le denomina accidente observados (Nesperados) obteniendo los siguientes datos de 80.03, 88.32, 86.29, 85.92 tal como se muestra en la siguiente imagen.

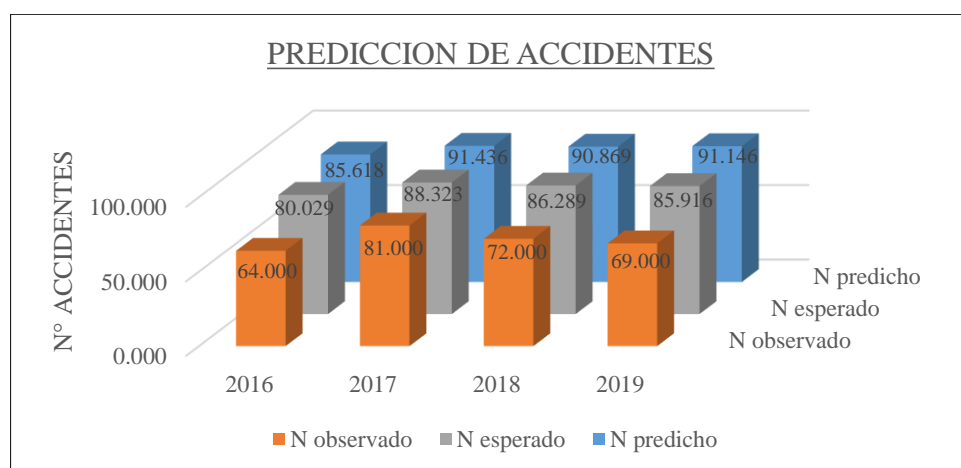


Figura N° 66: Accidentes predichos con el manual con el método predictivo.

Fuente: Elaboración Propia.

De los accidentes observados y los esperados se obtiene el siguiente factor de calibración, $Cr = 0.839$, el resultado obtenido es contrastado con el estudio similares realizados dentro del territorio nacional, como es el caso de Herrera y Mandura, 2017 en su estudio realizado en la ciudad del Cusco titulado “*Análisis y propuesta de mejora en la carretera nacional pe-3s tramo av. Antonio lorena - poroy, aplicando la metodología de inspección de seguridad vial y el manual HSM*” obteniendo un $Cr = 0.73$, así mismo la investigación de Huamanchao, 2017 en su estudio denominado “*Implementación de políticas y técnicas innovadoras de seguridad vial mediante la aplicación de auditorías de seguridad vial en carreteras nacionales*” obteniendo un $Cr = 1.22$, esta variación depende mucho de los datos obtenidos para el análisis.

Con el factor de corrección obtenido, calculamos la predicción de accidentes del año proyectado para la presente investigación como es el año 2021, con un IMDA proyectado de 5453 vehículos por día bajo las mismas condiciones de diseño geométrico, señalización y entorno de la vía.

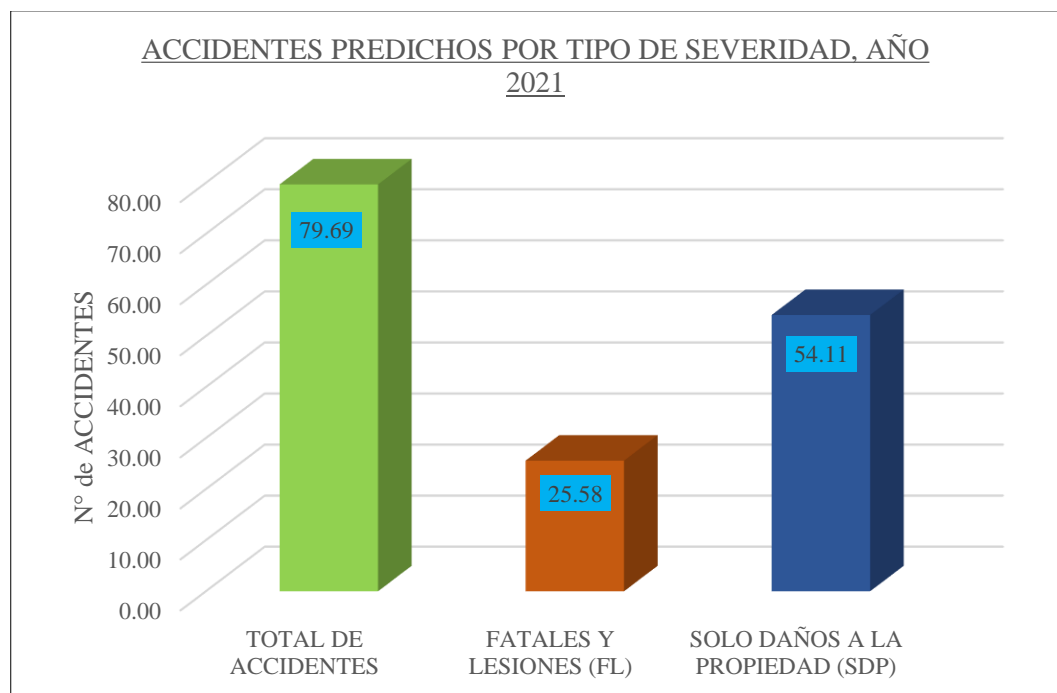


Figura N° 67: Accidentes predichos según severidad

Fuente: Elaboración Propia.

b. Resultados de los objetivos Específicos

- **Características del diseño geométrico de la Vía.**

La carretera Puno – Ilave actualmente cumple con la función de una carretera de primera clase, sin embargo, según el estudio de tráfico vehicular realizado que se muestra en la tabla N° 35 se aprecia que cumple para una autopista de segunda clase, sin embargo, para efectos de cálculo de parámetros de elementos viales se considerara como una carretera de primera clase con una orografía plana y ondulada según la Tabla N° 3 de clasificación DG 2018.

En el caso del diseño de la sección transversal, según la Tabla N° 20 la carretera de primera clase Puno – Ilave tiene un ancho de calzada variable de 6.60 m a 7.00 m, berma variable de 0.90m a 1.80m no pavimentada en cada lado, además del Sobreancho en curva que se calcula según la Ecuación N° 2 y por último el bombeo de la calzada de 2.0%. los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 48: *Análisis general de la carretera Puno-Ilave con DG-2018*

CUADRO DE ANALISIS GENERAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PUNO - ILAVE											VELOCIDAD DISEÑO = (50) Km/h	
CURVA	LONG.	RADIO	SOBREANCHO (m)			PERALTE %			CALZADA (m)		BERMA (m)	
			CAMPO	DG	SITUACION	CAMPO	DG	SITUACION	CAMPO	DG (3.60 m)	CAMPO	DG (2.60m)
CH-01	379.7	400	0.33	0.38	NO CUMPLE	4.4%	3.9%	CUMPLE	3.50	NO CUMPLE	1.00	NO CUMPLE
CH-02	137.12	250	0.40	0.43	NO CUMPLE	3.5%	3.5%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	0.90	NO CUMPLE
CH-03	108.31	250	0.30	0.53	NO CUMPLE	4.9%	5.1%	NO CUMPLE	3.45	NO CUMPLE	1.40	NO CUMPLE
CH-04	113.28	600	0.22	0.29	NO CUMPLE	2.5%	2.6%	NO CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	1.00	NO CUMPLE
CH-05	219.16	300	0.33	0.38	NO CUMPLE	6.6%	2.2%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	1.00	NO CUMPLE
CH-06	106.73	1300	0.00	0.14	NO CUMPLE	4.4%	1.3%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	0.90	NO CUMPLE
CH-07	322.05	625	0.15	0.23	NO CUMPLE	3.7%	2.6%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	1.05	NO CUMPLE
CH-08	253.06	1150	0.10	0.19	NO CUMPLE	1.7%	1.6%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	0.90	NO CUMPLE
CH-09	134.97	350	0.40	0.42	CUMPLE	4.5%	4.2%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	0.70	NO CUMPLE



CH-10	291.87	400	0.40	0.38	CUMPLE	3.0%	3.8%	NO CUMPLE	3.45	NO CUMPLE	0.95	NO CUMPLE
CH-11	164.74	900	0.20	0.23	NO CUMPLE	1.9%	1.8%	CUMPLE	3.45	NO CUMPLE	0.70	NO CUMPLE
CH-12	257.92	350	0.20	0.42	NO CUMPLE	4.7%	4.2%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	0.70	NO CUMPLE
CH-13	233.83	200	0.40	0.62	NO CUMPLE	4.1%	5.8%	NO CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	1.15	NO CUMPLE
CH-14	372.65	300	0.40	0.47	NO CUMPLE	6.2%	4.6%	CUMPLE	3.50	NO CUMPLE	1.00	NO CUMPLE
CH-15	297.31	205	0.50	0.50	CUMPLE	6.0%	2.5%	CUMPLE	3.50	NO CUMPLE	0.90	NO CUMPLE
CH-16	165.74	900	0.25	0.18	CUMPLE	1.6%	0.9%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	0.90	NO CUMPLE
CH-17	254.16	200	0.50	0.51	CUMPLE	4.1%	2.6%	CUMPLE	3.50	NO CUMPLE	0.70	NO CUMPLE
CH-18	211.66	200	0.50	0.51	CUMPLE	6.0%	2.6%	CUMPLE	3.50	NO CUMPLE	0.90	NO CUMPLE
CH-19	134.19	900	0.10	0.23	NO CUMPLE	2.1%	1.8%	CUMPLE	3.50	NO CUMPLE	1.00	NO CUMPLE
CH-20	207.88	520	0.25	0.32	NO CUMPLE	1.8%	3.1%	NO CUMPLE	3.45	NO CUMPLE	0.75	NO CUMPLE
CH-21	318.13	500	0.50	0.33	CUMPLE	7.1%	3.1%	CUMPLE	3.50	NO CUMPLE	0.75	NO CUMPLE
CH-22	312.82	400	0.30	0.38	NO CUMPLE	7.2%	3.8%	CUMPLE	3.40	NO CUMPLE	0.80	NO CUMPLE
CH-23	403.04	500	0.30	0.26	CUMPLE	5.0%	1.5%	CUMPLE	3.35	NO CUMPLE	1.05	NO CUMPLE
CH-24	333.57	1050	0.15	0.21	NO CUMPLE	3.0%	1.6%	CUMPLE	3.25	NO CUMPLE	1.50	NO CUMPLE
CH-25	257.91	1000	0.10	0.16	NO CUMPLE	2.6%	0.8%	CUMPLE	3.25	NO CUMPLE	0.70	NO CUMPLE
CH-26	357.21	500	0.30	0.26	CUMPLE	3.3%	1.5%	CUMPLE	3.30	NO CUMPLE	1.50	NO CUMPLE
CH-27	220.64	600	0.30	0.23	CUMPLE	5.0%	1.3%	CUMPLE	3.30	NO CUMPLE	1.10	NO CUMPLE
CH-31	438.94	1500	0.25	0.16	CUMPLE	2.6%	1.1%	CUMPLE	3.45	NO CUMPLE	1.25	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

El cuadro anterior describe que si bien es cierto que se cumple con las longitudes de curvas y radios mínimos no sucede lo mismo con los sobreanchos que en su mayoría no cumplen a excepción de las curvas CH-09, CH-10, CH-14, CH-15, CH-16, CH-17, CH-18, CH-27 y CH-31; en el caso de peraltes las curvas CH-3, CH-4, CH-10, CH-13, CH-20 no cumplen con el peralte mínimo calculado según formula del manual DG-2018. Así mismo no se cumple en su totalidad del tramo con las distancias mínimas del ancho de carril que en su promedio se tiene un ancho de 3.40m además de la berma no



pavimentada e incluso tramos sin presencia de berma. Con respecto a la berma, lo que podría funcionar como una ciclo vía o un carril para las motos lineales por las características de la población del entorno que se trasladan en unidades de dos ruedas y tres ruedas, pues en la vía en estudio no aporta en lo positivo, al contrario son una fuente de peligro para los usuarios los mismos que son reflejados en el reporte de accidentes según tipología en la que los atropellos representan el 29% del total de accidentes registrados y segunda causa más frecuente.

En el tramo que inicia desde el segmento-01 en el desvío al centro poblado de Jayllihuaya hasta el segmento-20 en el sector Cusipata se caracteriza por la presencia de varias curvas amplias y tangentes adecuadas el perfil es plano con tangentes de pendientes longitudinales que no superan el 1% , en seguida se atraviesa la zona urbana de Chucuito en los segmentos 21 y 22 con presencia predominante de curvas verticales y horizontales, perfil de ondulado de pendiente longitudinal entre 3% a 5%, pasando la zona urbana pasamos a una predominantemente tangencial con presencia de curvas verticales hasta el segmento 27 ubicada en el centro poblado de Camacani, luego continuamos con un tramo en tangente de 3 km hasta llegar a la zona urbana de Plateria para luego con un perfil plano hasta cruzar la zona urbana de Acora en el segmento 33 con presencia de curvas horizontales amplias con tangentes cortas, del segmento 34 en el Km 1394 hasta el segmento 42 un tramo de 13 km presenta un trazo de tangente horizontal recta con un perfil plano con pendientes longitudinales que no supera el 1%, en seguida continua con una curva amplia en el sector desvío Collini y terminar con una tangente horizontal recta hasta la unidad de Peaje Ilave.

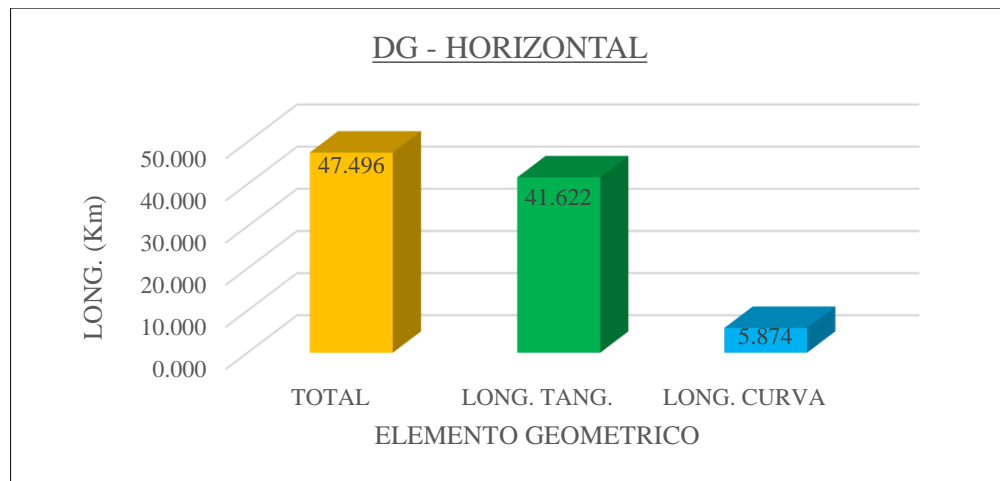


Figura N° 68: Elementos geométricos en planta de la carretera Puno – Ilave.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Tráfico vehicular (IMDA).**

Según el manual DG-2018, para carreteras de primera clase se considera un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m cada uno.

En el caso de la carretera Puno – Ilave, el IMDA obtenido en cada uno de las estaciones de aforo supera el límite considerado para una carretera de primeras clases, tal como se muestra en la Tabla N° 35; 6349 veh/día en el tramo Jayllihuaya – Chucuito, 5124 Veh/día en el tramo Chucuito-Acora y 4218 Veh/día en el tramo Acora-Ilave. Datos que no coinciden con lo registrado por la unidad de peaje-Ilave en la plataforma del INEI registra números inferiores a los obtenidos, esto se da por que la unidad de peaje realiza el registro vehicular en un solo sentido.

Finalmente, la carretera según su aforo vehicular promedio presenta 5231 veh/día, el mismo que lo clasifica a una autopista de segunda clase. En el siguiente esquema se presenta la evolución de tráfico vehicular de la carretera Puno – Ilave en el periodo 2016 - 2019

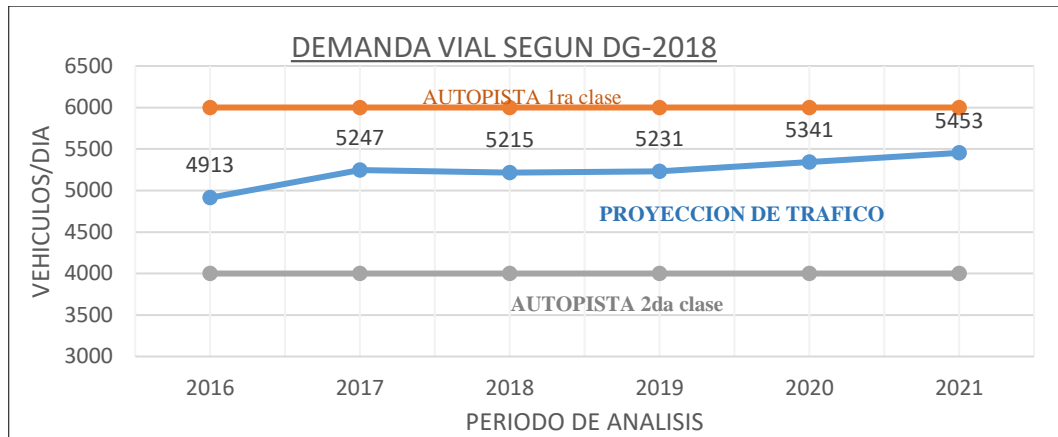


Figura N° 69: Demanda vial por aforo vehicular según DG - 2018.

Fuente: Elaboración Propia.

Del total de carretera en estudio tenemos con mayor representatividad por tipo de vehículo a las camionetas rurales (combi) que representa el 42.19% del total de vehículos, estos vehículos son unidades que prestan servicios de transporte público hacia las diferentes ciudades del sur de la región Puno, seguida con 25.71% por vehículos tipo auto, unidades de servicio personal, así mismo durante el estudio de pudo apreciar que existen unidades de este tipo que prestan el servicio de taxi colectivo de Puno a Desaguadero y viceversa.

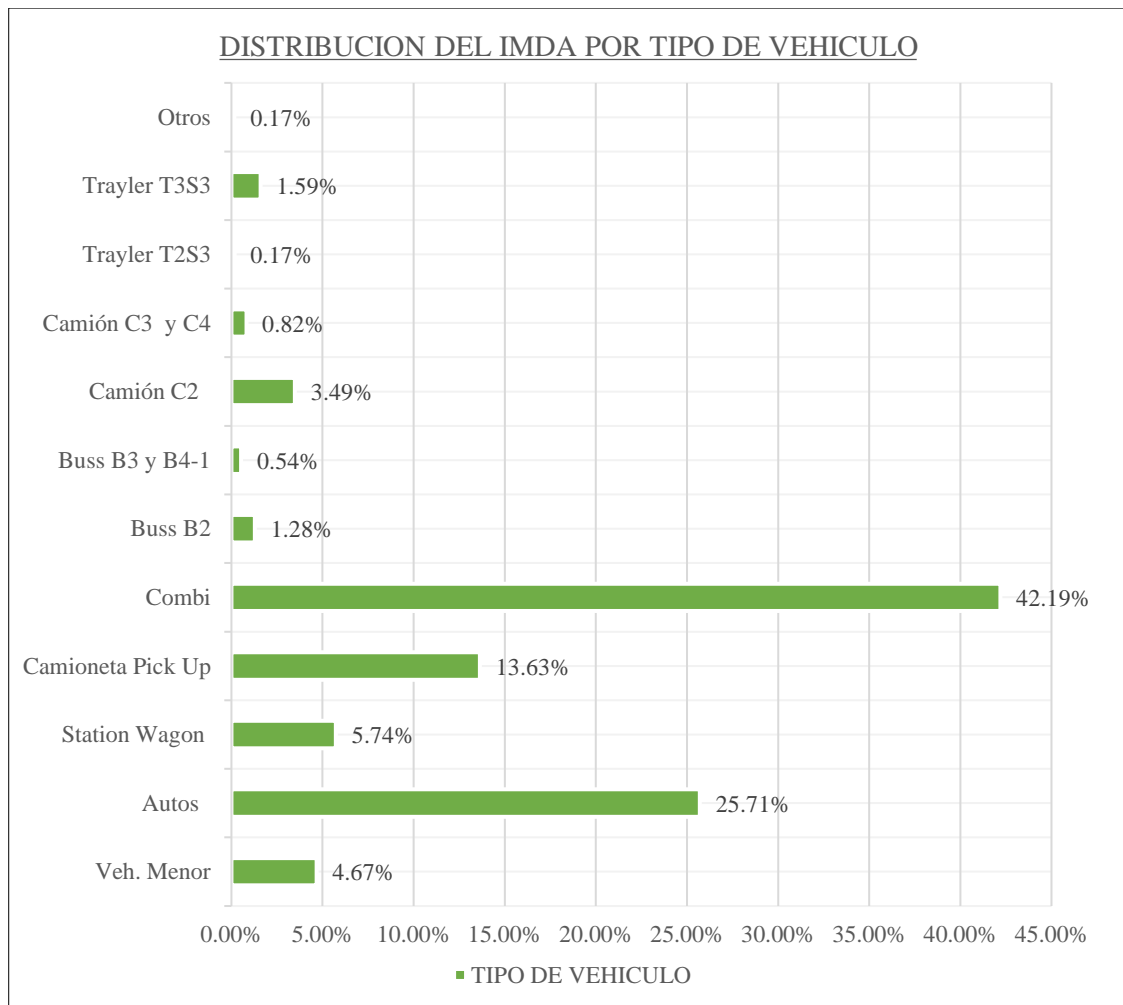


Figura N° 70: Tipo de vehículos con más incidencia en el IMDA.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Inventario de los dispositivos de control**

La carretera Puno – Ilave atraviesa zonas urbanas con alta densidad poblacional. En donde, se pudo constatar que las estructuras de las señaléticas en su mayoría están ubicadas a distancias muy cercanas a la vía, a 0.9 m y 1.8 m del borde de la calzada como se aprecia en la Foto N° 3, 4, 5 del ANEXO C, el manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2016, sugiere el cumplimiento de las distancias de ubicación en zonas rurales de 3.60 m como una distancia mínima, y en zonas urbanas un mínimo de 0.6 m. cómo se observa en la figura N° 08.



Se verificó la ausencia de señaléticas en todo el trayecto de la vía, principalmente en las cercanías a las zonas urbanas, la falta de señales como: reductores de velocidad, señal de pase peatonal, señal de pare, señal ceda el paso, señal de intersecciones, presencia de animales en la vía. Los sectores con ausencia de estas son los centros poblados de Ichu, distrito de Chucuito, distrito de Platería, centro poblado de Caritamaya y el resto de la jurisdicción del distrito de Acora, además, de la jurisdicción en el distrito de Ilave, en estos último no existen señales que indiquen la reducción de velocidad por la alta presencia de vehículos menores como motocicletas y bicicletas en esta zona.

según la tabla N° 36 el estado de transitabilidad de esta vía, presenta las siguientes deficiencias en el pavimento: desgaste en los bordes del pavimento, agrietamientos, fisuras longitudinales, hundimientos, ahuellamientos parches y acolchonamiento. También se constató la invasión a los derechos de la vía con construcción de muros publicitarios y paraderos no autorizados. En la tabla N° 02 del ANEXO B se detalla la descripción de los elementos de señalización vial existente.

Para la evaluación de elementos del entorno de la vía se elaboró la Tabla N° 49 en donde se precisa los elementos de inseguridad vial, falencias y medidas de mitigación inmediatas de los riesgos que generan los mismos, considerando señales horizontales, verticales además de la descripción de elementos que puedan alterar la seguridad del usuario de la carretera Puno – Ilave.

Tabla N° 49: Evaluación de elementos de inseguridad vial según segmentos

ELEMENTOS DE INSEGURIDAD VIAL	EVALUACIÓN DE RIESGO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	SEGMENTO
1.- Pavimento <ul style="list-style-type: none"> Superficie deteriorada (baches y grietas) 	<ul style="list-style-type: none"> Maniobras inadecuadas del vehículo, inestabilidad y posible pérdida del control del vehículo en marcha por la velocidad de recorrido. 	<ul style="list-style-type: none"> Reparar el pavimento, recuperar la superficie de rodadura. Señalizar. 	SEG-06, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 38, 41, 42, 43
2.- Señalización Vertical <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de señalización vertical. Inadecuada ubicación y uso de señalización vertical. Señalización deteriorada. Postes de concreto de señalización vertical y delineadores. 	<ul style="list-style-type: none"> Inseguridad en el desplazamiento En caso de despiste existe el riesgo de aumento de la gravedad del accidente al impactar con el pedestal de concreto de la señal vertical situada al margen de la vía. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de señales vertical Sustitución de los postes o pedestales de concreto de las señales verticales por postes metálicos fácilmente deformables en caso de impacto Reemplazo de delineadores de concreto por delineadores de fibra 	SEG-02, 15, 21, 22, 26, 28, 31, 33, 41. SEG-03, 05, 07, 16, 18, 20, 31, 33, 43.
3.- Demarcaciones <ul style="list-style-type: none"> Señalización ausente. Señalización deteriorada. 	<ul style="list-style-type: none"> En condiciones de baja visibilidad (neblina, lluvia intensa, etc) y horas nocturnas a falta de no percibirse la señalización horizontal puede provocar salidas de vía. 	<ul style="list-style-type: none"> Demarcar la señalización horizontal longitudinal central y en los extremos con pintura retrorreflectivo. En zonas de lluvia con pintura de alto relieve. 	SEG-18, 31, 33.
4.- Semáforos <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de equipamiento de semáforo en zonas urbanas 	<ul style="list-style-type: none"> Por no existir un sistema de semaforización para peatones en intersecciones, riesgo de conflicto peatón-vehículo. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar un adecuado sistema de semaforización íntegro para todos los usuarios de la vía. Conceptualizar como zona urbana. 	

<p>5.- Sistema de contención vehicular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de sistemas de contención vehicular (barreras metálicas). • Terminales inadecuadas de sistemas de contención vehicular existente. 	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de despiste la gravedad del accidente aumentaría por falta de sistemas de contención. • Las barreras existentes con riesgo a ser impactado y ser atravesado con los terminales inadecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocación de sistemas de contención metálica a lo largo de la curva y prolongada al finalizar la curva, correctamente anclados. Estos deberán ser enterrados o empotrados en talud. 	<p>SEG-43</p>
<p>6.- Obras de drenaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuneta profunda y destapada. • Sardinel de concreto en alcantarillas • (cabezales de ingreso- salida) 	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de despiste el riesgo aumenta de gravedad del accidente al impactar con la cuneta y bordillos de concreto de alcantarilla situada al margen de la carretera. 	<ul style="list-style-type: none"> • implementar tapas de concretos prefabricados para las cunetas • Colocación de sistemas de contención metálicos a lo largo de la alcantarilla correctamente anclada. 	<p>SEG-22</p>
<p>7.- Zona lateral de la vía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de obstáculos (postes de luz, árboles, muros de concreto). • Corta longitud de la zona de recuperación (en caso de despiste), • Cruce transversal peatonal sobre cunetas (pasarelas) 	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de despiste el riesgo aumenta la gravedad del accidente al impactar con obstáculos y estructuras situadas al margen de la vía. • Por falta de tratamientos con sistema de contención en zonas con terreno de talud inclinado, la gravedad del accidente aumenta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de contención en zonas con pendientes. • Próximos a la cuneta, modificar la cuneta y colocación de bandas sonoras longitudinales en las bermas. • Retiro de todo tipo de obstáculos, avisos comerciales por no corresponder. 	<p>SEG-03, 07, 10, 18, 21, 22, 24.</p>
<p>8.- Pasos por zonas urbanas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inadecuada organización para cruces peatonales. • Deficiente administración de velocidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por la ausencia de información de regulación de pasos por zonas urbanas existe el riesgo de atropello al peatón, ciclista. 	<ul style="list-style-type: none"> • La zona urbana debe concebirse el diseño para tal uso. • Reductores de velocidad. • Límites de velocidad 	<p>SEG-07,15, 21, 22, 30, 33, 47.</p>

<ul style="list-style-type: none"> Conflicto de uso de la vía entre peatón-ciclista-vehículo. 		<ul style="list-style-type: none"> Implementar con señalización vial advirtiendo pasos por poblaciones, cruce peatonal, peatones en márgenes. 	
<p>9.- Estacionamientos y paraderos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Paraderos informales de vehículo 	<ul style="list-style-type: none"> Por existencia de paraderos informales en la vía se reduce el ancho de uso con el riesgo de maniobrar deficientemente y provocar choques. 	<ul style="list-style-type: none"> Fiscalización estatal, gestionar la remoción de vehículos de paraderos informales con entidades competentes. 	<p>SEG-03, 07, 09, 12, 15, 19, 23, 24, 25, 26, 28.</p>
<p>10.- Ciclistas y peatones en la vía</p> <ul style="list-style-type: none"> Presencia de peatones en la berma o calzada. Presencia de ciclistas en la calzada o berma sin señalización. 	<ul style="list-style-type: none"> Por exposición de los peatones en la vía, berma o zona lateral se expone al riesgo de ser atropellado. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de señales viales verticales advirtiendo presencia de peatones y ciclistas en la vía, con postes metálicos fácilmente deformables en caso de impacto. 	<p>SEG-01, 02, 07, 09, 15, 22, 30, 32, 33, 35, 36, 38, 41, 44, 47.</p>
<p>11.- Obras en la vía</p> <ul style="list-style-type: none"> Deficiente señalización en zonas de trabajo en la vía. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de despiste los trabajadores de obra están expuestos a ser atropellados por falta de señalización 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de señalización para zonas de trabajo 	
<p>12.- Factores climáticos</p> <ul style="list-style-type: none"> Inadecuada señalización vial y límites de velocidad para zonas con condiciones de neblina, lluvia, granizada y nieve. 	<ul style="list-style-type: none"> En condiciones de factores climáticos (neblina, lluvia intensa, granizada, nieve, etc) combinado con horas nocturnas la vía puede no percibirse correctamente y Provocar salidas de vía y choques. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de dispositivos de guía y señalización vial en zonas de neblina, lluvia, nieve. Para calzada resbalosa, reflectores verticales que no pueda ser cubierto por nieve. 	<p>SEG-26, 28, 29, 40, 42.</p>
<p>13.- Animales en la vía</p> <ul style="list-style-type: none"> Presencia de animales en la berma o calzada. 	<ul style="list-style-type: none"> Por presencia de animales en la vía o al margen se expone al riesgo de atropello y/o choque 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de señales viales verticales advirtiendo presencia de animales en la vía, con postes metálicos fácilmente deformables en caso de impacto. 	<p>SEG-07, 17, 23, 26, 32, 35, 36, 38, 41, 44.</p>

<p>14.- Iluminación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Iluminación inadecuada en zonas urbanas. • Insuficiente disposición de elementos reflectantes (tachas, capta faro) 	<ul style="list-style-type: none"> • En condiciones de baja visibilidad (neblina, lluvia intensa, etc) y horas nocturnas a falta de no percibirse la señalización horizontal puede provocar salidas de vía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusión de dispositivos de control y regulación en el pavimento (capta faros en el pavimento), postes delineadores tipo chevrón en curvas. 	<p>SEG-07, 09, 21, 22, 30, 33, 47.</p>
<p>15.- Otros.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resaltos (gibas). • Vehículos en apariencia obsoleta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maniobras intempestivas con riesgo de pérdida de control de vehículo. • La existencia de vehículos de apariencia obsoleta o sin mantenimiento provoca riesgo a tener fallas mecánicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Señalización horizontal y vertical de presencia de resaltos. • Fiscalización estatal, mejorar gestión de control del estado de los vehículos por entidades competentes. 	<p>SEG-03, 09, 21, 22, 30, 33, 47.</p>

Fuente: adaptado de Humanchoa (2015)

4.2.1 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- **Contrastación de la Hipótesis General.**

El método predictivo permite estimar y evaluación y los análisis de los efectos del diseño y las características de control de tránsito, con el modelo predictivo de accidentes de tránsito para cuantificar los impactos en la seguridad en términos de frecuencia y gravedad de los accidentes, permitiendo a los organismos incorporarlo en todo el proceso de desarrollo del proyecto: planificación, desarrollo y análisis de alternativas, diseño preliminar, diseño final y construcción, y operaciones y mantenimiento.

Para la Contrastación de la Hipótesis se realiza mediante la comparación de la Hipótesis Propuesta y de los resultados obtenidos, para lo cual, se determinará la hipótesis específica presenta el siguiente cuadro de valores de variables para el análisis estadístico.

Tabla N° 50: Variables de contraste de Hipótesis

<u>VALORES DE ANALISIS ESTADISTICO (2016 – 2019)</u>					
SEGMENTO		V. DEPENDIENTE		V. INDEPENDIENTE	
N° SEG.	LONG. (Km)	N° ACCIDENTES	N° DE DEFICIENCIAS DG	IMDA promedio	Señalización (DCT)
SEG - 01	685	7	5	6253	NO CUMPLE
SEG - 02	700	3	6	6253	NO CUMPLE
SEG - 03	500	5	5	6253	CUMPLE
SEG - 04	400	1	4	6253	NO CUMPLE
SEG - 05	400	6	7	6253	CUMPLE
SEG - 06	500	0	7	6253	NO CUMPLE
SEG - 07	800	1	6	6253	CUMPLE
SEG - 08	450	6	7	6253	NO CUMPLE
SEG - 09	170	1	4	6253	NO CUMPLE
SEG - 10	850	13	5	6253	CUMPLE
SEG - 11	400	0	4	6253	NO CUMPLE
SEG - 12	700	4	6	6253	NO CUMPLE
SEG - 13	630	0	4	6253	NO CUMPLE
SEG - 14	900	0	5	6253	NO CUMPLE
SEG - 15	600	16	4	6253	CUMPLE
SEG - 16	750	10	5	6253	NO CUMPLE
SEG - 17	1000	15	4	6253	CUMPLE



SEG - 18	670	7	7	6253	CUMPLE
SEG - 19	350	2	4	6253	CUMPLE
SEG - 20	830	7	5	6253	NO CUMPLE
SEG - 21	900	6	4	6253	CUMPLE
SEG - 22	1350	14	4	6253	CUMPLE
SEG - 23	1300	7	6	6253	NO CUMPLE
SEG - 24	800	2	6	5047	CUMPLE
SEG - 25	750	8	5	5047	CUMPLE
SEG - 26	2000	1	4	5047	NO CUMPLE
SEG - 27	850	7	6	5047	CUMPLE
SEG - 28	1000	4	4	5047	NO CUMPLE
SEG - 29	1700	13	4	5047	NO CUMPLE
SEG - 30	1300	8	4	5047	CUMPLE
SEG - 31	950	7	6	5047	NO CUMPLE
SEG - 32	1900	11	4	5047	NO CUMPLE
SEG - 33	2650	13	6	5047	CUMPLE
SEG - 34	2250	5	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 35	1650	10	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 36	1300	8	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 37	1700	7	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 38	850	12	5	4154	CUMPLE
SEG - 39	2000	3	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 40	1400	3	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 41	1450	3	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 42	1000	10	5	4154	CUMPLE
SEG - 43	950	3	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 44	700	5	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 45	1200	2	5	4154	NO CUMPLE
SEG - 46	400	2	5	4154	CUMPLE
SEG - 47	911	8	5	4154	CUMPLE

Fuentes: elaboración propia

Para la Contrastación de la Hipótesis específica N° 1 se realiza mediante la comparación de la Hipótesis Propuesta y de los resultados obtenidos, para lo cual, se presenta el siguiente cuadro de valores de variables para el análisis estadístico.

El software utilizado para el análisis estadístico de la presente investigación es el IBM SPSS STATISTICS 25, para lo cual primero se identifica el tipo de prueba estadística que relacione la variable dependiente (accidentes de tránsito) con las variables independientes (el diseño geométrico, el índice medio diario anual y señales de tránsito), como primera acción en el análisis estadístico se realiza la prueba de normalidad, por el

tamaño muestral de la presente investigación $n = 47$ por lo que se utiliza el método Shapiro Wilk el mismo que nos permite analizar muestras menores a 50 ($n < 50$), de los datos ingresados el software nos muestra el siguiente resultado de la tabla N° 50.

Tabla N° 51: Prueba de distribución de normalidad.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N° de accidentes	,245	47	,000	,838	47	,000
Características geométricas	,263	47	,000	,843	47	,000
Imda	,318	47	,000	,741	47	,000
Dispositivos de Control de Transito	,388	47	,000	,623	47	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

El cuadro anterior nos muestra un nivel de significancia 0.000 para las cuatro variables de análisis por lo tanto la distribución no es normal y nuestro análisis de variables se realizará como estadística no paramétrica para lo cual utilizaremos la correlación de Rho de spearman para afirmar o rechazar la hipótesis de investigación Planteada.

Tabla N° 52: *Correlación de variables con Rho de Spearman.*

		Correlaciones				Disp.de
		N° DE	CARACTERISTICAS	IMDA	Control de	
		ACCIDENTES	GEOMETRICAS		Transito	
Rho de Spearman	N° DE ACCIDENTES	1,000	,081	-		-,336*
	Coefficiente de correlación			,368*		
	Sig. (bilateral)	.	,586	,011		,021
	N	47	47	47		47
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS	N° DE ACCIDENTES	,081	1,000	-,010		-,044
	Coefficiente de correlación					
	Sig. (bilateral)	,586	.	,945		,767
	N	47	47	47		47
IMDA	N° DE ACCIDENTES	-,368*	-,010	1,000		-,109
	Coefficiente de correlación					
	Sig. (bilateral)	,011	,945	.		,464
	N	47	47	47		47
Dispositivos de Control de Transito	N° DE ACCIDENTES	-,336*	-,044	-,109		1,000
	Coefficiente de correlación					
	Sig. (bilateral)	,021	,767	,464		.
	N	47	47	47		47

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Tabla N° 53: *Valores de correlación Rho de Spearman.*

VALOR	CRITERIO
R= 1.00	Correlación grande, perfecta y positiva
$0.90 \leq r < 1.00$	Correlación muy alta
$0.70 \leq r < 0.90$	Correlación alta
$0.40 \leq r < 0.70$	Correlación moderada
$0.20 \leq r < 0.40$	Correlación muy baja
r= 0.00	Correlación nula
r= -1.00	Correlación grande, perfecta y negativa

- **Contrastación de las Hipótesis Específicas**

Hipótesis Específica N° 1.

H0= Las deficiencias del diseño geométrico no inciden en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave.



H1= Las deficiencias del diseño geométrico inciden en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave.

Según la tabla N° 52, el nivel de significancia entre las variables accidentes de tránsito y características geométricas es de 0.586 el mismo que es mayor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. Entendiéndose del resultado que los lugares con deficiencias en el diseño geométrico de la carretera no guardan relación con el lugar de ocurrencia de accidentes de tránsito.

Hipótesis Específica N° 2.

H0 = El IMDA no incide en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave.

H1 = El IMDA incide en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave.

Según el tabla N° 52, el nivel de significancia entre las variables accidentes de tránsito e índice medio diario anual es de 0.011 el mismo que es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. además, según el cuadro N° 51, la afirmación de la hipótesis especifica n° 02 presenta una correlación negativa muy baja de -0.368.

Hipótesis Específica N° 3.

H0= Los dispositivos de control de tránsito no inciden en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave, según la Inspección de Seguridad Vial.

H1= Los dispositivos de control de tránsito inciden en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave, según la Inspección de Seguridad Vial.



Según el cuadro N° 52, con respecto a la correlación de las variables Accidentes de tránsito y dispositivos de control de tránsito tenemos un nivel de significancia de 0.021, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, las deficiencias de los dispositivos de control de tránsito tienen una correlación negativa muy baja de -0.336 con respecto a la ocurrencia de los accidentes de tránsito.

4.2 DISCUSIONES

Los resultados obtenidos con respecto a la hipótesis general concuerdan con Herrera & Mandura (2017) en su estudio realizado en Cusco donde concluye que el factor de calibración subestima el número de accidentes registrado, por otro lado, Berardo (2015) en su estudio realizado en el estado de Rio de Janeiro, Brasil, obtuvo un factor de calibración que sobre estima el número de accidentes registrados.

1. Los resultados obtenidos respecto a la hipótesis específica N°1 coinciden con lo que encontró Herrera & Madura (2017) en su estudio realizado en el departamento de Cusco donde concluye que el diseño geométrico no tiene incidencia relevante en los accidentes, pero no concuerda con el estudio que realizó Arias (2019) en la carretera Puno - Laraqueri, ya que encontró incidencia directa del diseño geométrico en los accidentes de tránsito.
2. Los resultados obtenidos respecto a la hipótesis específica N°2 concuerda con Herrera & Mandura (2017) en su estudio realizado en la carretera nacional PE-3S Tramo av. Antonio Lorena - Poroy, Aplicando la metodología de inspección de seguridad Vial y el manual HSM, donde encontró que el IMDA influyen en la ocurrencia de accidentes de tránsito, efectivamente existe relación entre el volumen vehicular (IMDA) y el número de accidentes de tránsito, a medida que el parque automotor se incrementa el número de accidentes también lo hace.



3. Los resultados obtenidos respecto a la hipótesis específica N°3 concuerda con Huamanchao (2015) en su estudio realizado para las carretas de rutas nacionales donde encuentro que la inadecuada implantación de políticas y técnicas de seguridad vial contribuyen al incremento de muertes y heridos por accidentes de tránsito, así mismo coincide con lo que encontró Paredes & Pinto (2019), en su estudio realizado en el departamento de Arequipa en el cual plantea modificaciones con respecto a la señalización vial.



V. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo planteado en la metodología del estudio en la aplicación del método predictivo del manual HSM 2010 en la carretera Puno – Ilave, en el cual se realiza el análisis en condiciones actuales obteniendo un factor de calibración (Cr) para condiciones locales de 0.839, lo que significa que el método sobre estima los accidentes observados, este factor de corrección calculado puede ser utilizado en vías de similares características y tipologías, así mismo se determinó que el segmento 22, 23 y 29 son los más crítico registrando la mayor tasa de accidentalidad de toda la carretera.

1. Se determinó que el diseño geométrico no incide en la probabilidad de ocurrencia de accidentes ya que esta variable no es tan determinante sino más bien está relacionada con el comportamiento del factor humano con relación a las condiciones geométricas que se le presenta y como actúa frente a ellas mediante las maniobras de conducción que realiza el conductor.
2. Se determinó que el IMDA incide en los accidentes de tránsito suscitados en la carretera Puno – Ilave, de los resultados obtenidos de las estaciones de conteo de aforo, el volumen vehicular promedio es de 5 231 veh/día que supera la capacidad de la vía. Además, según el estudio de tráfico realizado, esta vía presenta un aproximado de 5% de vehículos menores entre bicicletas, motos lineales, moto taxis y de cargas, los mismos que incrementan la probabilidad de accidentes.
3. Se concluyó que los dispositivos de control de tránsito inciden en la ocurrencia de accidentes de tránsito en la carretera Puno – Ilave, ya que los tramos con mayor concentración de accidentes presentan deficiente señalización o nula.



VI. RECOMENDACIONES

Para la predicción de accidentes de tránsito se recomienda utilizar el manual de seguridad vial 2017 publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú en la que adopta el modelo predictivo de accidentes del manual de seguridad vial norteamericano (HSM-2010) para su aplicación en el territorio nacional, así mismo sería excelente tener un sistema del registro de accidentes de tránsito el mismo que importante para cualquier programa de seguridad vial que no solamente es utilizado por ingenieros, sino por el público en general.

1. Considerando el IMDA de la presente investigación se recomienda al ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) la construcción de una nueva calzada de dos carriles, así mismo se recomienda la ampliación y pavimentación de la berma, el mismo que de acuerdo a las condiciones del entorno de la vía servirá para la circulación de vehículos menores como bicicletas, motos lineales, moto taxi y motos de carga. Evitando la invasión hacia el carril de alto tránsito con el objeto de reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes.
2. Para estudios posteriores se recomienda realizar un estudio de tráfico que represente la condición real del tramo en estudio, ya que la información que brindan el instituto nacional de estadística e informática INEI, Provias Nacional – MTC cuentan con información no confiable.
3. Se recomienda implementar bandas sonoras de carril en tramos con tangentes largas, así mismo se recomienda la implementación de señales verticales y horizontales en travesías urbanas y centros poblados.
4. Se recomienda al departamento de tránsito de la policía nacional del Perú (PNP) tener un sistema digital y formatos estandarizado que permita una clasificación



según tipologías, causas y consecuencias desde un punto de la ingeniería, los cuales aportarían al correcto planteamiento de soluciones en temas de seguridad vial.

5. También se recomienda fomentar la replicación de esta investigación a otros lugares, este dependerá en gran medida de la existencia de una base de datos con información de accidentes georreferenciados, no siempre disponible. Así mismo se recomienda la aplicación en proyectos nuevos, durante la operación y mantenimientos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Villanueva, L. V. (2019). *Análisis de las Características Geométricas de la Vía Puno Laraqueri que Inciden en Accidentes de Tránsito en Relación a las Características Geométricas de la Normativa Vigente*. Puno, Perú: Universidad Nacional Del Altiplano.
- Berardo, M. G. (2015). Aplicación del Modelo de Predicción de Accidentes Viales del HSM (2010) en Camin Rural de Dos Carriles en Brasil. *facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 2, N° 2, Setiembre del 2015*.
- Cardenas Grisales, J. (2013). *diseño geométrico de carreteras*. Bogota, Colombia: ECOE.
- CONASET. (2003). *Guía para realizar una auditoría de seguridad vial*. Santiago, CHILE: Comisión Nacional de seguridad de Tránsito.
- Consortion San Juan. (2010). *Estudio Definitivo del Mantenimiento Periódico de la Carretera Puno - Desaguadero Tramo Puno - Ilave*. Puno.
- Correa Saldaña, K. Y. (2017). *Evaluación de las características geométricas de la carretera cajamarca - Gavilan (km173 - Km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Dextre Quijandría, J. C. (2010). *Seguridad Vial: La Necesidad De Un Nuevo Marco Teórico*. Bellaterra, España: Universidad Autónoma De Barcelona .
- DEXTRE, J.C. (2007). Boletín de seguridad vial. *Departamento de ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú*.



- Garcia Ramires, Y., Rojas, P., Duque, E., & Asuero Rojas, H. (2018). Calibración del Modelo Predictivo de Accidentes de Tránsito del HSM en Carreteras el Cantón Loja (Ecuador). *INNOVA Research Journal 2018, Vol. 3, No. 7 114-123, ISSN 2477-9024*.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Herrera Ponce, V., & Mandura Choque, R. M. (2017). *Análisis Y Propuesta De Mejora En La Carretera Nacional PE-3S Tramo Av. Antonio Lorena - Pory, Aplicando La Metodología De Inspección De Seguridad Vial Y El Manual HSM 2010*. Cusco, Perú: Universidad Andina Del Cusco.
- Huamanchao, U. (2015). *Implementación De Políticas Y Técnicas Innovadoras De Seguridad Vial Mediante La Aplicación De Auditorías De Seguridad Vial En Carreteras Nacionales*. Lima, Perú: Universidad Nacional De Ingeniería.
- Lopez Hidalgo, V. R. (2016). *Accidentes de Tránsito Atendidos en el hospital regional de Loreto de Octubre a Diciembre de 2015*. Iquitos, Perú: Universidad Nacional De La Amazonia Peruana.
- MTC. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2013). *DS N° 015-2013-MTC*. Lima.
- MTC. (2016). *Manual de dispositivos de control de tránsito Automotor para calles y carreteras*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2017). *Manual De Seguridad Vial*. Lima: Manual De Seguridad Vial.



- MTC. (2018). *Diseño Geometrico de Carreteras - DG*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Paredes, J. A., & Pinto, A. J. (2019). *Inspeccion de seguridad vial y soluciones en la carretera Arequipa - Yura de acuerdo con el manual de seguridad vial en el distrito de cerro colorado en el año 2019*. Arequipa: Universidad Catolica de Santa Maria.
- SCT. (2016). *Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras*. Mexico: Secretaria de Comunicaciones y transportes.
- Torres Marques, R. (2017). *Analisis de la Aplicacion de una Auditoria de Seguridad Vial en Carretras Consecionadas*. Lima, Perú: Universidad De Piura.
- Torres, D. A., & Aranda, F. N. (2015). *Inspecciones De Seguridad Vial*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Vilem, A. V. (2019). *Analisis de las características geometricas de la via Puno Laraqueri que inciden en accidentes de tránsito en relaacion a las características geometricas de la normativa vigente*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.



ANEXOS

- A: Especificaciones técnicas de los equipos utilizado en el proceso de recolección de información en campo
- B: Inventario de los dispositivos de control de tránsito
- C: Panel fotográfico de inspección de seguridad vial tramo Puno-Ilave
- D: Data de accidentalidad solicitada a la PNP del Perú de la carretera Puno- Ilave
- E: Tablas de aplicación del método predictivo de accidentes del HSM de los años 2016, 2017, 2018