

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA VÍA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA – LA GRAMA – PTE. CRISNEJAS – SAN MARCOS – MATARA – LLACANORA – CAJAMARCA – DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

BACH. ING. CIVIL. WILLE ORTIZ CERNA.

ASESOR:

M. en I. ING. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR

CAJAMARCA – PERÚ

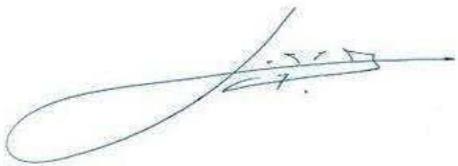
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

- Investigador: WILLE ORTIZ CERNA**
DNI: 47312552
Escuela Profesional:
- Asesor: M en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur**
Facultad: INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:** "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA VÍA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA – LA GRAMA – PTE. CRISNEJAS – SAN MARCOS – MATARA – LLACANORA – CAJAMARCA – DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"
- Fecha de evaluación:** 27 de junio 2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19 %
- Código Documento:** 3117:470197345
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 02/07/2025

		<p>Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofía FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 02/07/2025 12:02:16-0500</p>
<p>FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos José Benjamín Torres Tafur</p>	<p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>	
<p>DNI: 26678955</p>		



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA VÍA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA – LA GRAMA – PTE. CRISNEJAS – SAN MARCOS – MATARA – LLACANORA – CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

ASESOR : M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0399-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 18 de julio de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veinticinco días del mes de julio de 2025**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Vocal : M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Secretario : Ing. Ever Rodríguez Guevara.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA VÍA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA – LA GRAMA – PTE. CRISNEJAS – SAN MARCOS – MATARA – LLACANORA – CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **WILLE ORTIZ CERNA**, asesorado por el M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 6.0 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 10.0 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 16.0 PTS DIECISEIS (En letras)

En consecuencia, se lo declara A. APROBADO con el calificativo de DIECISEIS acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 10:30 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


M. Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Presidente


M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Vocal


Ing. Ever Rodríguez Guevara.
Secretario


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Asesor

COPYRIGHT©2025 by
WILLE ORTIZ CERNA.

AGRADECIMIENTO

El eterno agradecimiento a nuestro creador Dios todopoderoso, por guiar mis pasos día a día y brindarme salud para hacer efectivo mi sueño de convertirme en profesional.

Agradecer a mis familiares, amigos y demás personas que de una u otra manera hicieron que este trabajo de investigación se realice de la mejor manera.

Agradecer a mi asesor quien de una manera desinteresada me brindo su apoyo desmedido y guía intelectual para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedicado a mis amados padres Antonio y Margarita, quienes vienen siendo los pilares de mi formación y darme su apoyo incondicional para mi formación como profesional.

Dedicado a mi querida hermana Maritza, quien es parte de mi inspiración para lograr mis sueños.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRAC.....	xiv
1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.5. ALCANCES O DELIMITACION DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.6. LIMITACIONES.....	4
1.7. OBJETIVOS.....	4
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	6
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	7
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1. CARRETERA.....	10
2.2.1.1. JERARQUIZACIÓN VIAL.....	10
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS.....	11
2.2.2.1. CLASIFICACIÓN POR DEMANDA.....	11
2.2.2.2. CLASIFICACIÓN POR SU OROGRAFÍA.....	11
2.2.2.3. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO DE DISEÑO.....	12
2.2.2.4. CRECIMIENTO DEL TRANSITO.....	14
2.2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA.....	14
2.2.3.1. VELOCIDAD DE DISEÑO.....	14
2.2.3.2. DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....	15
2.2.3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.....	23

2.2.3.4.	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL.....	30
2.2.3.5.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	38
2.2.4.	PUNTOS NEGROS.....	46
2.2.4.1.	MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS A NIVEL MUNDIAL ⁴⁷	
2.2.4.2.	METODOLOGÍA DEL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL PARA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS	48
2.2.4.3.	PUNTOS NEGROS MÁS RELEVANTES EN EL PERÚ	49
2.2.5.	SEÑALIZACIÓN VIAL.....	50
2.2.5.1.	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	51
2.2.5.2.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL O MARCAS EN EL PAVIMENTO	51
2.2.5.3.	SEGURIDAD VIAL.....	52
2.2.6.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS ACCIDENTES.....	52
2.2.6.1.	FACTOR HUMANO.....	53
2.2.6.2.	FACTOR MÁQUINA.....	53
2.2.6.3.	FACTOR VÍA.....	53
2.2.6.4.	SEGURIDAD NOMINAL Y SUSTANTIVA.....	53
2.2.6.5.	DISTRIBUCIÓN DE LOS ACCIDENTES	55
2.2.7.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	56
2.2.7.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR EL MÉTODO DE ESTACIÓN LIBRE (O TRISECCIÓN).....	57
2.2.8.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	58
3.	CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
3.1.	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.1.1.	UBICACIÓN POLÍTICA DEL TRAMO DE ESTUDIO.....	63
3.2.	POBLACIÓN, MUESTRA, UNIDAD DE ANÁLISIS Y UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	69
3.3.	TIEMPO O ÉPOCA DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	70
3.4.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	72
3.5.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	75
3.5.1.	VARIABLES.....	75
3.5.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	75
3.6.	PROCEDIMIENTO.....	78
3.6.1.	PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES	78
3.6.1.1.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	78
3.6.1.2.	CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA).....	80

3.6.1.3.	CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	83
3.6.1.4.	CÁLCULO DE PONDERACIÓN DE ACCIDENTES.....	85
3.6.1.5.	CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IP)	87
3.6.2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	92
3.6.3.	VELOCIDAD DE DISEÑO DE LA CARRETERA EN ESTUDIO	94
3.6.4.	RADIO DE CURVATURA	94
3.6.5.	DETERMINACIÓN DEL PERALTE MÁXIMO Y MÍNIMO	95
3.6.6.	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN.....	95
3.6.7.	RADIOS MINIMOS	99
3.6.8.	DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO	105
4.	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	106
4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	106
4.2.	ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	107
4.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	113
4.4.	FORMULACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA	113
5.	CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
5.1.	CONCLUSIONES.....	116
5.2.	RECOMENDACIONES	117
5.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
	ANEXOS	120
	ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO	120
	ANEXO 2: PLANOS.....	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Rango de la Velocidad de Diseño en Función a la Clasificación de la Carretera por Demanda y Orografía.	15
Tabla 2. 2: Distancia de Visibilidad de Parada (m), en Pendiente 0%	17
Tabla 2. 3: Distancia de Visibilidad de Parada (m), en Función de la Velocidad de Diseño y de la Pendiente	17
Tabla 2. 4: Elementos de la Distancia de Adelantamiento y Ejemplo de Calculo	21
Tabla 2. 5: Mínima Distancia de Adelantamiento para Carreteras de Dos Carriles en Dos Sentidos	22
Tabla 2. 6: Máximas Longitudes sin Visibilidad de Paso o Adelantamiento	22
Tabla 2. 7: Longitud Mínima de Curva	24
Tabla 2. 8: Ángulos de Deflexión Máximos para los Cuales no se Requiere una Curva Horizontal	24
Tabla 2. 9: Longitudes de Tramos en Tangente	25
Tabla 2. 10: Radios Mínimos y Peraltes Máximos para Diseño de Carreteras	28
Tabla 2. 11: Radios Mínimos en Contraperalte Vías Pavimentadas	29
Tabla 2. 12: Radios Mínimos en Contraperalte	29
Tabla 2. 13: Pendientes Máximas	33
Tabla 2. 14: Anchos Mínimos de Calzada en Tangente	39
Tabla 2. 15 Ancho de Bermas	42
Tabla 2. 16: Valores del Bombeo de la Calzada	43
Tabla 2. 17: Valores del Peralte Máximo	43
Tabla 2. 18: Valores del Peralte Mínimo	44
Tabla 2. 19: Valores del Radio a Partir del cual no es Necesario Peralte	44
Tabla 2. 20: Valores Diferenciales para Taludes en Corte	46
Tabla 2. 21: Taludes Referenciales en Zonas de Relleno (Terraplenes)	46
Tabla 2. 22: Criterios de identificación de los TCA	47
Tabla 2. 23: Autovías, autopistas y carreteras convencionales desdobladas	48
Tabla 2. 24: Valores de las variables P y N	48
Tabla 2. 25: Valores iniciales de P y N para carreteras convencionales	49
Tabla 3. 1 Coordenadas UTM WGS 84 zona 17M del punto inicial y final del tramo de vía en estudio.....	68
Tabla 3. 2: Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984) del punto inicial y final del tramo de vía en estudio.	68
Tabla 3. 3: Equipos Topográficos utilizados.....	72

Tabla 3. 4: Materiales utilizados.....	74
Tabla 3. 5: Operacionalización de variables.....	76
Tabla 3. 6: Matriz de Consistencia	77
Tabla 3. 7: Reporte de Accidentes de Tránsito en la Ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – Cajamarca.....	79
Tabla 3. 8: IMDA punto en Cajamarca año 2025.	81
Tabla 3. 9: IMDA punto en Cajabamba año 2025	81
Tabla 3. 10: Promedio de los puntos año 2025.....	83
Tabla 3. 11: Clasificación de la carretera por Orografía.	84
Tabla 3. 12: Ponderación de Accidentes.....	85
Tabla 3. 13: Ponderación de Accidentes en la Ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – Cajamarca.....	86
Tabla 3. 14: Ponderación de Accidentes en la Ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – Cajamarca.....	88
Tabla 3. 15: Criterios de Identificación de Tramos de Concentración de Accidentes	89
Tabla 3. 16: Valores de P y N para Carreteras convencionales y vías rápidas.....	90
Tabla 3. 17: Identificación de Tramos de Concentración de Accidentes	91
Tabla 3. 18: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras	94
Tabla 3. 19: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1155.....	96
Tabla 3. 20: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1174.....	96
Tabla 3. 21: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1178.....	97
Tabla 3. 22: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1180.....	97
Tabla 3. 23: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1222.....	98
Tabla 3. 24: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1252.....	98
Tabla 3. 25: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1261.....	99
Tabla 3. 26: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1155.	99
Tabla 3. 27: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1174.	100
Tabla 3. 28: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1178.	100
Tabla 3. 29: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1180.	100
Tabla 3. 30: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1222.	101
Tabla 3. 31: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1252.	101
Tabla 3. 32: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1261.	102
Tabla 3. 33: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1155.	103
Tabla 3. 34: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1174.	103
Tabla 3. 35: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1178.	103
Tabla 3. 36: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1180.	104
Tabla 3. 37: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1222.	104

Tabla 3. 38: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1252.	105
Tabla 3. 39: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1261.	105
Tabla 4. 1: Puntos Negros Identificados y Evaluados.	106
Tabla 4. 2: Propuesta de Mejora para la Reducción de Ocurrencia de Accidentes.	114

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Distancia de Visibilidad de Parada	18
Figura 2. 2: Distancia de Visibilidad de Adelantamiento	19
Figura 2. 3: Distancia de Visibilidad de Paso (Da)	23
Figura 2. 4: Simbología de la Curva Circular	27
Figura 2. 5: Valores de Sobreancho en Función a "L" del Vehículo de Diseño	30
Figura 2. 6: Longitud Mínima de Curva Vertical Convexa con Distancia de Visibilidad de Parada	35
Figura 2. 7: Longitud Mínima de Curvas Verticales Convexas con Distancia de Visibilidad de Paso	36
Figura 2. 8: Longitud Mínima de Curvas Verticales Cóncavas	37
Figura 2. 9: Sección Transversal Tipo a Media Ladera Para una Autopista en Tangente. 40	
Figura 2. 10: Sección Transversal Típica a Media Ladera Vía de Dos Carriles en Curva	41
Figura 2. 11: Sección Transversal Típica en Tangente	45
Figura 3. 1: Ubicación del departamento de Cajamarca en el mapa del Perú.	64
Figura 3. 2: Ubicación de las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba en el mapa de Cajamarca.	65
Figura 3. 3: Ubicación de los distritos en el mapa de cada provincia.	66
Figura 3. 4: Ubicación de la vía Cajamarca-Cajabamba Km. 1152+600 al Km. 1267+458.	67
Figura 4. 1: Tipo de Accidentes Registrados en los Puntos Negros Identificados	107
Figura 4. 2: Tipo de Vehículos Involucrados en los Puntos Negros Identificados	108
Figura 4. 3: Velocidad de Operación en los Puntos Negros Identificados	109
Figura 4. 4: Radios Mínimos en los Puntos Negros Identificados	110
Figura 4. 5: Radios Existentes con la Vop. en los Puntos Negros Identificados	111

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1:	14
Ecuación 2:	16
Ecuación 3:	16
Ecuación 4:	19
Ecuación 5:	20
Ecuación 6:	20
Ecuación 7:	21
Ecuación 8:	24
Ecuación 9	26
Ecuación 10	26
Ecuación 11	26
Ecuación 12:	27
Ecuación 13:	29
Ecuación 14:	34
Ecuación 15	35
Ecuación 16	35
Ecuación 17:	36
Ecuación 18:	36
Ecuación 19:	36
Ecuación 20:	36
Ecuación 21	37
Ecuación 22	37
Ecuación 23	80
Ecuación 24	82
Ecuación 25	87
Ecuación 26	102

RESUMEN

En la vía departamental ruta N° PE-3N, trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, existen varios tramos donde se han registrado muchos accidentes de tránsito con consecuencias fatales, razón por la cual, en la presente tesis se identifican y evalúan los puntos negros de accidentes de tránsito, con el fin de realizar una propuesta de mejora para reducir la ocurrencia de accidentes en la vía mencionada. Para lograr el objetivo planteado, se procedió a recolectar información del registro de accidentes de tránsito por parte de la UPIAT (Unidad de Prevención e Investigación de Accidentes de Tránsito) de la Policía Nacional del Perú. Luego, utilizando la metodología propuesta en el “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14, se identificó los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía en estudio. Por otro lado, se evaluaron las características geométricas, la velocidad de operación, y los dispositivos de control de tránsito. De acuerdo a los resultados se identificaron y evaluaron siete (07) puntos negros de accidentes de tránsito, en donde se indica que la carretera es de segunda clase tipo II, para la cual la velocidad de operación no cumple en el 85.71% de los puntos negros, además, el 42.86% de los puntos negros no cumple con el radio mínimo. Así mismo, los dispositivos de control existentes son insuficientes y necesitan implementarse. Por otro lado, se plantea una propuesta de mejora en los puntos negros de accidentes de tránsito, mediante la implementación de señalización vertical informativa, reductores de velocidad del tipo bandas transversales de alerta y la instalación de barreras de seguridad.

PALABRAS CLAVE: Puntos negros, accidentes de tránsito, siniestralidad, velocidad de diseño, velocidad de operación, radio de curvatura, dispositivos de control de tránsito.

ABSTRACT

On the departmental road route N° PE-3N, trajectory: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, there are several sections where many traffic accidents with fatal consequences have been recorded, which is why, in this thesis the black spots of traffic accidents are identified and evaluated, in order to make an improvement proposal to reduce the occurrence of accidents on the aforementioned road. To achieve the stated objective, information was collected from the traffic accident record by the UPIAT (Traffic Accident Prevention and Investigation Unit) of the National Police of Peru. Then, using the methodology proposed in the "Road Safety Manual" R.D. N° 05 – 2017 – MTC / 14, the black spots of traffic accidents were identified on the road under study. On the other hand, the geometric characteristics, the operating speed, and the traffic control devices were evaluated. According to the results, seven (07) traffic accident black spots were identified and evaluated, where it is indicated that the road is of second class type II, for which the operating speed does not comply in 85.71% of the black spots, in addition, 42.86% of the black spots do not comply with the minimum radius. Likewise, the existing control devices are insufficient and need to be implemented. On the other hand, a proposal is made to improve traffic accident black spots, through the implementation of informative vertical signage, speed reducers such as transverse alert bands and the installation of safety barriers.

KEY WORDS: Black spots, traffic accidents, accident rate, design speed, operating speed, radius of curvature, traffic control devices.

1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial y sistema de transporte constituye un eje fundamental para el desarrollo del país, facilitando la conexión entre personas y mercados, impulsando la economía y mejorando la calidad de vida de la población, por ende, una infraestructura vial bien diseñada y mantenida mejora la seguridad vial, reduciendo accidentes y riesgos para los usuarios de las vías. Sin embargo, en el contexto peruano, especialmente en zonas rurales y departamentales, persisten elevados índices de siniestralidad vial debido a una combinación de factores como el mal estado de la infraestructura, el diseño inadecuado de las vías, la escasa señalización, y la conducta imprudente de algunos actores viales.

En particular, la vía departamental Ruta N.º PE-3N, que conecta los distritos de Cajabamba, La Grama, Pte. Crisnejas, San Marcos, Matara, Llacanora y Cajamarca, desempeña un rol estratégico en la conectividad y dinamismo económico del departamento de Cajamarca; no obstante, a lo largo de este tramo se han reportado varios accidentes de tránsito, muchos de ellos con consecuencias fatales; en este sentido, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal el de identificar y evaluar los puntos negros de accidentes de tránsito, con ello proponer medidas de solución para reducir la ocurrencia de accidentes de tránsito. Para ello, se procedió a recolectar información del registro de accidentes de tránsito por parte de la UPIAT-PNP, luego, utilizando la metodología propuesta en el “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14, se identificó los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía en estudio, finalmente, se evaluaron las características geométricas, la velocidad de operación, y los dispositivos de control de tránsito.

Para realizar esta investigación se tienen los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se presenta la introducción.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico.

En el Capítulo III, se presenta los materiales y métodos empleados.

En el Capítulo IV, corresponde al análisis y discusión de resultados.

En el Capítulo V, se presenta las conclusiones y recomendaciones.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La seguridad vial es un componente esencial para el desarrollo sostenible y la calidad de vida de las poblaciones. En el Departamento de Cajamarca, la red vial, especialmente la Ruta N° PE-3N, presenta tramos con alta incidencia de accidentes de tránsito, conocidos como puntos negros. Estos puntos representan un riesgo significativo para conductores y peatones, afectando la movilidad y seguridad en la región; en tal sentido es de vital importancia la identificación y evaluación de los puntos negros en la vía que causan los accidentes de tránsito, ya que se relaciona con las precauciones de tránsito que se deben tomar para minimizar las posibles pérdidas y consecuencias de los accidentes de tránsito, protegiendo así la seguridad de las personas previniendo o reduciendo factores peligrosos. (Serviasistencia Express, 2018).

La vía elegida para el estudio es la carretera PE-3N en la ruta Cajabamba-Cajamarca, actualmente es una vía asfaltada y forma parte de la red vial departamental, por lo que es una carretera que debe cumplir las expectativas realistas con respecto a la configuración geométrica adecuada que demanda la población regional.

A medida que no se cuente con alternativas de solución al problema para prevenir accidentes de tráfico o al no hacer las correcciones necesarias, el volumen de tránsito seguirá aumentando en consecuencia el peligro aumentará de manera significativa; En tal sentido es necesario estudiar e investigar las causas de los accidentes en estos lugares de la vía. Por tanto, es un deber conocer claramente las características de la vía donde se produjo el accidente y compararla con la normativa vigente para buscar medidas preventivas ante los puntos negros de accidentes de tránsito.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N, trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca?

1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La identificación y evaluación de puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N, trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, y la propuesta de medidas de mejora disminuyen la ocurrencia de accidentes de tránsito.

1.4. JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

En los últimos años se ha registrado un importante aumento de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N, trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, resultando en heridos graves y fallecidos, en consecuencia, es de vital importancia la identificación y evaluación de los puntos negros en esta vía. Con el desarrollo del presente trabajo de investigación se podrán identificar y evaluar los puntos negros de accidentes con la finalidad de plantear alternativas de solución que ayuden a evitar y/o disminuir la ocurrencia de accidentes de tránsito.

Por otro lado, este trabajo aporta un enfoque metodológico, basado en datos, que puede ser replicado en otras ciudades o regiones, convirtiéndose en una herramienta para la planificación territorial y de transporte.

1.5. ALCANCES O DELIMITACION DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se centrará en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, utilizando los datos disponibles del año 2023 y el año 2024, identificando y evaluando los sitios que presentan mayor grado de accidentabilidad como son los puntos negros de accidentes de tránsito, en coordinación con la Policía Nacional del Perú, Centros de Salud, Hospital y Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que se encuentran dentro de la jurisdicción de la zona de estudio.

- **Delimitación Espacial:** El autor considera una delimitación espacial de la carretera departamental PE – 3N comprendida desde la provincia de Cajabamba hasta la provincia de Cajamarca.
- **Delimitación Temporal:** La presente investigación se delimita a realizarse con los datos tomados en los últimos 2 años, tomando como referencia el año 2023 y el año 2024, dichos datos fueron recopilados con la colaboración de la UPIAT (Unidad de Prevención e Investigación de Accidentes de Tránsito) de la Policía Nacional del Perú.

1.6. LIMITACIONES

Las limitaciones incluyen la disponibilidad y precisión de los datos de accidentes, ya que las entidades implicadas no prestan la colaboración necesaria y oportuna en la toma de registro de datos de accidentes de tránsito.

El inadecuado actuar de personas implicadas en los accidentes de tránsito, ya que al verse de alguna manera afectados por el actuar de las autoridades no registran la ocurrencia del accidente.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Identificar y evaluar los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba - La Grama - Pte. Crisnejas - San Marcos – Matara – Llacanora - Cajamarca- Departamento de Cajamarca.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la influencia del diseño geométrico de la carretera y los dispositivos de control de tránsito, en los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta PE-3N trayectoria: Cajabamba - Cajamarca, según la normatividad vigente.
- Calcular la velocidad de operación de los vehículos en la vía de estudio.
- Realizar el levantamiento topográfico de los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental.
- Realizar una propuesta de mejora en los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía Cajabamba – Cajamarca.

2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Álvarez & Trujillo (2020), en su tesis de investigación para título profesional: “Visión cero enfocada a la reducción de accidentes de tránsito en el Ecuador”, en Ecuador. Tuvo por objetivo proponer el diseño de un modelo mediante la aplicación de los principios de la visión cero, tecnología y análisis de causas de ocurrencia, legislación, estándares de seguridad vial a nivel global y regional. La investigación desarrollada fue un estudio de tipo descriptivo, explorativo y propositivo. Obtuvo programas que contribuyen a disminuir la ocurrencia de accidentes de tránsito con lesiones graves y fatalidades en el país relacionadas con el desempeño de actividades laborales. El estudio llegó a concluir que los accidentes de tránsito ya sea con lesiones y fatalidades se pueden prevenir y evitar como a reducir de manera significativa disminuyendo también los impactos negativos sociales y económicos y esta metodología de visión cero puede ser aplicada ya sea a un país u organización ya que el modelo permite la modificación y adaptación dependiendo de las características dónde sea aplicable. De acuerdo con Gallo & Castillo (2018), en su tesis “Análisis de las condiciones de seguridad vial ligadas a temas de infraestructura en las vías rápidas de Bogotá”, buscó evaluar las condiciones de seguridad en la movilidad y tránsito de las vías rápidas de Bogotá. La problemática está relacionada con la accidentabilidad en el mundo y Bogotá. La metodología aplicada es el análisis de información histórica, experimental y cuantitativa, siendo con la profundización y el análisis de cada 1 de los elementos del tráfico y la movilidad. Dicho estudio atribuyó como causas de los accidentes a la falta de señalización, exceso de velocidad en los conductores y mal estado de la estructura de pavimento en las vías. El estudio llegó a concluir que el origen de los accidentes en las zonas rojas de Bogotá se producen por la falta de señalización, exceso de velocidad por parte de los conductores y por el mal estado de la estructura del pavimento en las vías, factores que lo han convertido a la ciudad antes mencionada como uno de los lugares con mayor mortalidad dial del país, por lo que se recomienda la reducción de la velocidad máxima en zonas urbanas a 50 km/h, mantenimiento y construcción del 60% de

las carreteras de la ciudad y mejorar la señalización que pueden ser aplicadas en la ciudad de Bogotá.

Según Córdova & Paucar (2014) en su tesis de investigación: “Análisis de los indicadores de seguridad vial para la disminución de accidentes de tránsito en el Ecuador”, Cuenca, Ecuador. Tuvo por objetivo realizar un análisis de los indicadores de seguridad vial utilizados en el Ecuador. La metodología de investigación es de tipo descriptiva. Los programas y campañas implementados para reducir índices de accidentabilidad en el país, permiten desarrollar un mejor sistema de control para tener un eficiente manejo de todos los indicadores de seguridad vial. El estudio llegó a concluir que tanto La OMS y la ANT tienen resultados de índice de mortalidad en accidentes de tránsito no congruentes, encontrado que los datos obtenidos por el primero presentan un índice mayor que el segundo, además, existe diferencia entre los países con ingreso per cápita alto y los de ingreso per cápita medio en los que la tasa de mortalidad en los países de ingresos elevados se registra un promedio de 8,7 muertes por cada 100000 habitantes y en los países de ingresos medios se registran 20, 1 muertes en la misma cantidad de habitantes.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Rodríguez Masa (2020), en su tesis: “Análisis del tráfico y propuesta de mejora en la intersección de mejora en la Av. Arnaldo Márquez y la calle Nazca en la ciudad de Lima”, en Lima, Perú. Tuvo por objetivo evaluar cómo se puede mejorar una intersección, mediante el uso de los parámetros de tiempo de viaje y de velocidad, correspondientes a los peatones y vehículos. La metodología de estudio fue la revisión de la literatura y la aplicación de modelos de micro simulación vehicular, el uso del programa STATKEY. Presenta una propuesta de rediseño teniendo como prioridad la seguridad vial y la accesibilidad. Concluye con una propuesta de mejoras en la intersección para una adecuada visualización integral del problema que permiten el reordenamiento de la circulación vehicular en la intersección.

Torres & Aranda (2015) en su tesis: “Inspecciones de seguridad vial” tuvo por objetivo realizar una investigación sobre la práctica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial realizadas en diversos países como medidas preventivas de accidentes de tránsito para así, desarrollar parámetros que permitan su aplicación en el Perú. La falta de seguridad vial ocasiona altos índices de víctimas mortales debido al crecimiento del parque automotor y falta de conciencia de los usuarios. La metodología aplicada son los estudios de caso. Identifica que existen tres factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente de tránsito siendo el de mayor influencia el humano y el de menor influencia el entorno de la vía. Concluye que es necesario centrarse en corregir, modificar o mejorar sólo la infraestructura vial y así, influir indirectamente en la seguridad del usuario.

Según, Dextre et al., (2018) en su investigación traducida del inglés al español titulada: “Inspecciones de Seguridad Vial para análisis de micro-clúster, caso Avenida Tingo María, distrito de Breña, Lima, Perú”, llegaron a las siguientes conclusiones: Las propuestas planteadas buscan establecer una equidad en el uso de la vía que es compartido por vecinos y usuarios del clúster, invirtiendo la típica pirámide de los usuarios donde se ubica a los usuarios vulnerables en la última parte, con menor importancia. Con ayuda de las listas de chequeo se pudieron identificar muchas deficiencias que existían en la vía para los usuarios vulnerables: Falta de cruces, mala señalización peatonal, pocos paraderos, rampas mal diseñadas, poca señalización para ciclistas y malas maniobras que solo beneficiaban a los vehículos motorizados. El aumento de la señalización vertical, que era casi inexistente en la zona, ha sido primordial para el aumento de la percepción de la seguridad en la zona. Las señales verticales suelen reforzar la señalización horizontal y aumentar la seguridad vial. De acuerdo con los flujos peatonales, se propusieron 4 paraderos de transporte públicos ya que, según las entrevistas realizadas, la mayoría de los propietarios de los comercios ubicados en el micro-clúster, llegan mediante transporte público y cruzan la vía en cualquier zona y de forma desordenada. El uso de las señales variables en esta zona es de gran ayuda ya que ayuda restringir de manera adecuada y temporal el uso del tercer carril para que los vehículos se estacionen en la zona a cargar y descargar material. De esta forma, se regula su uso en las horas de mayor congestión. Las

barandas propuestas a lo largo de la mediana son resultado de la falta de cultura vial que tenemos en nuestro país.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Según, Gaona (2017), en su tesis “Evaluación de la Seguridad de la Carretera Jesús – San Marcos Tramo El Carmen – Yuracpirca en función a sus Parámetros de Diseño”. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca – Perú. Realizó el reconocimiento y levantamiento topográfico de la carretera; con los datos obtenidos elaboró: planos de ubicación, plano clave, plano de planta y perfil, planos de secciones utilizando el programa AutoCAD Civil 3d. Mediante los cuales se pudieron identificar las características geométricas de la vía y luego comparó con los parámetros de diseño, establecidos en el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. Concluye que la carretera Jesús - San Marcos tramo El Carmen – Yuracpirca en función a los parámetros de diseño, no es segura en un 62.28%

Según, Chugnas, (2019), en su tesis titulada “Evaluación integral de la seguridad vial de la carretera Namora - Matara en función a sus parámetros de diseño y señalización” tuvo por objetivo realizar la evaluación integral de la seguridad vial de la carretera Namora – Matara en función a sus parámetros de diseño y señalización, así mismo en sus resultados determino los parámetros geométricos y comparar con la DG - 2018 resultó que la distancia de visibilidad de paso, no cumplen en un 77.78%; los radios mínimos no cumplen en un 36.11%, los peraltes no cumplen en un 27.78%; los sobrecanchos no cumplen en un 11.43%, el ancho mínimo de calzada no cumple en un 60% de toda la longitud; el ancho de bermas no cumple en un 100% en todo el tramo, las pendientes mínimas y máximas no cumplen en un 13.64% y la longitud de las curvas verticales convexas y cóncavas no cumplen en un 20% y 10% respectivamente. El inventario refleja la existencia de 108 señales verticales, de las cuales un 86.11% se califican como “Bueno”, un 10.19% “Regular” y un 3.70% en “Mal estado”. Las señales horizontales o marcas en el pavimento están en buen estado

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CARRETERA

Una carretera es considerada ubicada dentro de la faja de dominio llamada derecho de vía estipulada por las autoridades competentes, la misma que es acondicionada de acuerdo a las características del tránsito, sirve para que los automóviles circulen por ella, uniendo pueblos en el menor tiempo posible, evitando zonas inseguras y malos servicios (Cárdenas, 2013)

2.2.1.1. JERARQUIZACIÓN VIAL

La jerarquización vial está clasificada por la SINAC y está conformada por la red vial nacional en todo el Perú, la red vial departamental en todos los departamentos y regiones y la última la red vial rural o vecinal (Reglamento de Jerarquización Vial, 2007).

- **Red Vial Nacional.** Esta red de carreteras a la que se hace mención lo conforman los considerados como ejes longitudinales principales y transversales que pertenecen a la SINAC, estas vías son los destinatarios de todas las vías de las regiones, vecinales o rurales (Reglamento de Jerarquización Vial, 2007).
- **Red Vial Departamental o Regional.** Esta Red de carreteras lo conforman aquellas que se consideran circunscritas en el ámbito de una región, tiene el objetivo de unir y articular la correspondiente red vial en el ámbito nacional con las demás redes viales vecinales o rurales (Reglamento de Jerarquización Vial, 2007).
- **Red Vial Vecinal o Rural.** Son las carreteras pertenecientes a un ámbito situado en los distritos provincias conocida como local, las mismas que tienen como función unir las capitales provinciales con los distritos y estas con los centros poblados (Reglamento de Jerarquización Vial, 2007).

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

2.2.2.1. CLASIFICACIÓN POR DEMANDA

- **Autopistas de Primera Clase.** Son aquellas carreteras que tienen un Índice Medio Diario Anual superior a los 6000 Vehículos en un día; además tienen sus asfaltos separados en una distancia de 6 metros, por último, las calzadas anteriormente mencionadas tienen mínimamente un ancho transversal de 3.60 metros (DG-2018, 2018).
- **Autopistas de Segunda Clase.** Son aquellas carreteras que tienen un Índice Medio Diario anual menor a los 6000 vehículos por día y superior a los 4001 vehículos por día, también tienen un separador que puede medir de 1 m hasta 6m. además de tener como mínimo dos carriles en cada calzada, estos miden de igual manera 3.60 m (DG-2018, 2018).
- **Carreteras de Primera Clase.** Son las carreteras que tienen un Índice Medio Diario Anual menor de los 4000 y superior a los 2001 Vehículos por día, estas carreteras tienen dos carriles de 3.60 metros cada uno, además esta carretera recomienda que se pueden tener puentes peatonales para garantizar que dicha vía sea segura, en las que permita la rapidez de operación sin ningún riesgo (DG-2018, 2018).
- **Carreteras de Segunda Clase.** Pertenecen las carreteras con un Índice Medio Diario Anual comprendido mayormente entre 2000 y superior a los 400 automóviles circulantes en un día, la longitud transversal de su calzada mide mínimamente unos 3.30m. Así mismo en esta clase de vía es opcional los cruces o pasos peatonales (DG-2018, 2018).

2.2.2.2. CLASIFICACIÓN POR SU OROGRAFÍA

Según el Diseño Geométrico de carreteras DG 2018, en el Perú las carreteras se clasifican de acuerdo a la Orografía en:

- **Terreno Plano (tipo 1).** Este tipo de tierra se considera al que tiene una pendiente transversal menor al 10% y además la pendiente longitudinal mayormente son menores al 3%, en este tipo de carreteras se realiza poquísimo movimiento de terreno, facilitando el trazado y la explanación de la carretera (DG-2018, 2018).

- **Terreno Ondulado (tipo2).** En este tipo de terrenos las pendientes transversales se encuentran entre el 11% y 50%, mientras que la pendiente longitud tiene valores entre 3% y 6%, estas características de terreno hacen que se tenga un moderado movimiento de terreno, el cual permite que se realicen movimientos de terreno y poder hacer alineamientos rectos, además se puede alternar con curvas con radios demasiado amplios y sin tener muchas dificultades en el trazo (DG-2018, 2018).
- **Terreno Accidentado (tipo 3).** “Son tierras donde las pendientes transversales están en la relación del 51% al 100%, lo que significa que la construcción de carreteras en este terreno requiere un elevado movimiento de tierras, sus pendientes longitudinales están entre 6% al 8%” (DG-2018, 2018, p. 14).

2.2.2.3. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO DE DISEÑO.

Existen diferentes tipos de vehículos, los cuales forman parte del IMDA entre los cuales también se encuentran los de diversas categorías, y de acuerdo al manual o a la reglamentación de vehículos a nivel del ámbito nacional (DG-2018, 2018).

➤ **Índice Medio Diario Anual (IMDA).**

El IMDA es aquel al que se conoce como el promedio del volumen de vehículos en un día, teniendo en consideración a todos los días del año, de manera presumible en los tramos homogéneos de la carretera. Este valor tiene su importancia debido a que sirve para justificar los costos en un análisis económico y también para emplearlo en el diseño de las carreteras y saber las características que se debe cumplir. A este valor se puede dar diferentes usos, dentro de los cuales está el empleo semanalmente, así como determinar la hora pico; entendiendo como el tránsito más intenso en una hora determinada. Así mismo, se puede obtener el volumen diario en cada horario, el cual valga la aclaración será ni mucho excedido y ni mucho menor respecto a la capacidad del camino (DG-2018, 2018).

Categoría L: Es una categoría de vehículos en las que se encuentran los motorizados que tiene menores a las 4 ruedas.

L1: Tienen dos ruedas, capacidad de 50 cm³, rapidez máxima de 50 km/h.

L2: Tienen tres ruedas, capacidad de 50 cm³, rapidez máxima de 50 km/h.

L3: Tienen dos ruedas, capacidad > 50 cm³, rapidez máxima > 50 km/h.

L4: Tienen tres ruedas, capacidad > 50 cm³, velocidad de 50 km/h

L5: El peso < a la tonelada, tienen en promedio unos 50 cm³ y la rapidez es superior a los 50 km/h.

Categoría M: En esta clase de vehículos se encuentran los considerados como automotores, el número de ruedas es menor o igual a cuatro y están diseñados para que puedan trasladar pasajeros.

M1: Tienen máximo 9 asientos, 8 para pasajeros y 1 para el conductor

M2: Tienen mayormente superior a los 8 asientos, sin incluir al chofer y su asiento, el peso bruto del mismo será menor a las 5 toneladas.

M3: Esta clase de vehículos se diferencia de la clase anterior en que solamente es superior a 5 ton.

Categoría N: Son vehículos que tienen una cantidad de ruedas mayor o igual a cuatro y son exclusivamente para el transporte de mercancía.

N1: Pueden llegar a tener un peso bruto del vehículo no mayor a 3.5 tn.

N2: Tienen un peso bruto del vehículo entre 3.5 tn a 12 tn.

N3: Son los vehículos que tienen un peso bruto mayor a 12 tn.

Categoría O: En esta categoría encontramos a los Remolques y a los que incluye los semirremolques.

O1: Tienen un peso bruto vehicular pudiendo llegar hasta las 0.75 tn.

O2: Tienen un peso vehicular > a 0.75 tn. Y <= a 3.5 tn.

O3: Pueden llegar a tener un peso bruto vehicular > a 3.5tn y <= 10 tn.

O4: Vehículos que tienen un peso bruto vehicular > a 10 tn.

2.2.2.4. CRECIMIENTO DEL TRANSITO

Esta característica del tráfico, está dada debido a su constante crecimiento, por ello, una vía debe proveer en el diseño el soporte del volumen del tráfico dado todos los días, en el periodo de duración del tiempo de vida útil. Sin embargo, una vía mientras cumple con su función; requiere de la evaluación constante de los parámetros más importantes, así como de su infraestructura para evaluar los cambios y prevenirse y evitar todo tipo de evento no deseado (DG-2018, 2018).

En las carreteras se realiza la proyección de la misma, para ellos se tiene presente el análisis del tránsito en la actualidad. Se calcula con la formula.

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n \dots\dots\dots\text{Ecuación 1}$$

Donde:

P_f : esta referido al tránsito final

P_0 : esta referido al tránsito inicial (año base o año de inicio)

T_c : esta es la razón de la progresión en un año por cada tipo de vehículo.

n : Año futuro pretendido para el diseño.

2.2.3.DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA

El diseño geométrico de carreteras, es un proceso en el que consiste interrelacionar cada característica física de la carretera con las condiciones que circula cada vehículo, además se considera a las características topográficas del terreno (Chocontá, 2011).

2.2.3.1. VELOCIDAD DE DISEÑO

Se define como la velocidad máxima posible que puede mantenerse con mucha seguridad y de manera cómoda en una determinada sección de la vía, considerando esto debe de cumplirse cuando las circunstancias sean a favor de las circunstancias diseñadas. Así mismo en el proceso para asignar esta velocidad diseñada, se debe de identificar tramos homogéneos topográficos para poder asignar la misma velocidad de diseño de lo que tomaremos como base para el diseño de cada una de las propiedades de la geometría vial de la carretera y debemos de considerar que cuando la velocidad se encuentra entre

20 y 50 km, en tramos consecutivos. Finalmente, la diferencia de velocidad en tramos consecutivos no deberá superar los 20 km/h (DG-2018, 2018).

➤ **Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo.**

La rapidez en este tramo homogéneo se define de acuerdo a la clasificación que tiene la vía en función a su concurrencia y a la clasificación topográfica de la vía que se pretende diseñar.

Tabla 2. 1: Rango de la Velocidad de Diseño en Función a la Clasificación de la Carretera por Demanda y Orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO EN UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)							
Autopista de primera clase	Plano			80	90	100	110	120	130
	Ondulado			80	90	100	110	120	
	Accidentado			70	80	90	100		
	Escarpado			70	80				
Autopista de segunda clase	Plano			60	70	80	90	100	110 120
	Ondulado			60	70	80	90	100	
	Accidentado			60	70	80	90	100	
	Escarpado			60	70	80			
Carretera de primera clase	Plano			60	70	80	90	100	
	Ondulado			60	70	80	90		
	Accidentado		50	60	70	80			
	Escarpado		50	60	70				
Carretera de segunda clase	Plano			60	70	80	90	100	
	Ondulado			60	70	80			
	Accidentado		50	60	70				
	Escarpado		40	50	60				
Carretera de tercera clase	Plano			40	50	60	70	80	90
	Ondulado			40	50	60	70	80	90
	Accidentado		30	40	50				
	Escarpado		30						

Nota: Manual de Carreteras (DG-2018, 2018).

2.2.3.2. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

El siguiente tema a tratar es la distancia de visibilidad la cual se define como una distancia de forma continua delante de la vía que es considerada visible para el operador con el propósito que pueda realizar de manera segura la maniobra que este obligado a realizar o ejecutar en el trayecto (DG-2018, 2018).

- **Distancia de Visibilidad de Parada.**

Esta longitud mencionada es la mínimamente requerida en la que un vehículo necesita para detenerse cuando se encuentra recorriendo a la velocidad diseñada, para que no alcance un objeto no deseado que se encuentra en el trayecto. Además, la longitud para detenerse en pavimentos húmedos” (DG-2018, 2018).

Esta distancia se podrá calcular con el uso de la siguiente ecuación:

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{v^2}{a} \dots\dots\dots Ecuación 2$$

$$D_p = 0.278 * V * t_p + \frac{v^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9.81} \right) \pm i \right)} \dots\dots\dots Ecuación 3$$

Donde:

- D_p : Es la distancia para detenerse a calcular (m).
- V : Es la rapidez diseñada de la vía
- t_p : Es el tiempo de reacción y percepción calculada en segundos
- a : Es la desaceleración en unidad de m/s^2 .
- i : Pendiente del eje (criterio del tanto por uno).
- \pm : Se refiere a las subidas o bajadas de los vehículos.

En la ecuación anterior se tiene dos términos; en el primero se comprende que esta referido a la distancia de percepción más reacción (d_{tp}), mientras que el segundo termino se refiere a la distancia que recorre producto del frenado hasta detenerse (d_f).

Al instante de tiempo dado entre la percepción del conductor de la existencia de un objeto extraño y la aplicación de los frenos, es llamado tiempo de reacción de frenado; y este tiempo está entre 2 a 3 segundos, por lo que es recomendable tomar el promedio que seria 2.5 segundos. Además, debemos

de considerar que todos los puntos en una carretera deben de cumplir que; la longitud visible será \geq a la longitud de visibilidad necesaria para detenerse (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 2: Distancia de Visibilidad de Parada (m), en Pendiente 0%

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de percepción reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			calculada (m)	redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

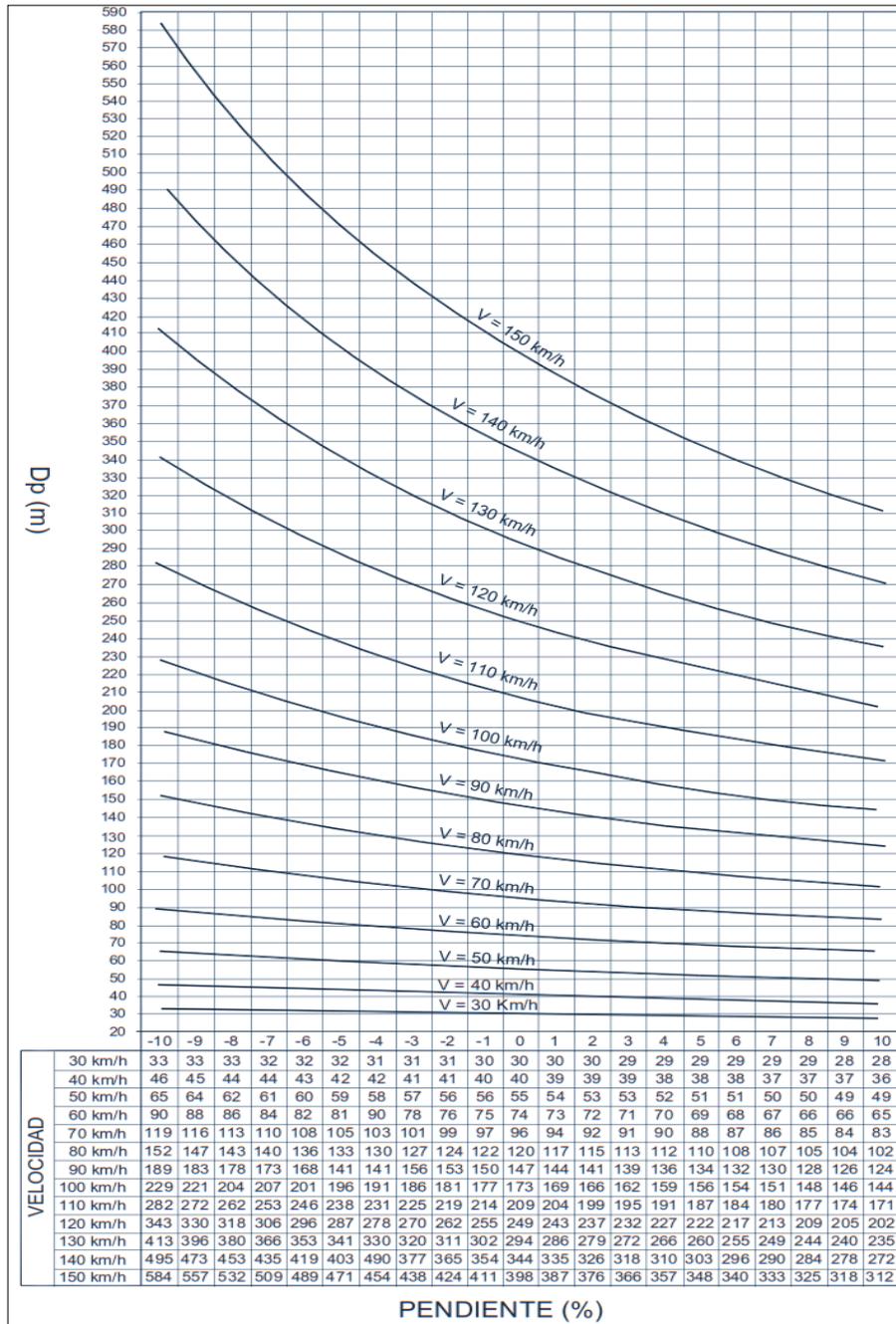
Nota: Manual de Carreteras (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 3: Distancia de Visibilidad de Parada (m), en Función de la Velocidad de Diseño y de la Pendiente

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente nula o en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	197	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Nota: Manual de Carreteras (DG-2018, 2018).

Figura 2. 1: Distancia de Visibilidad de Parada



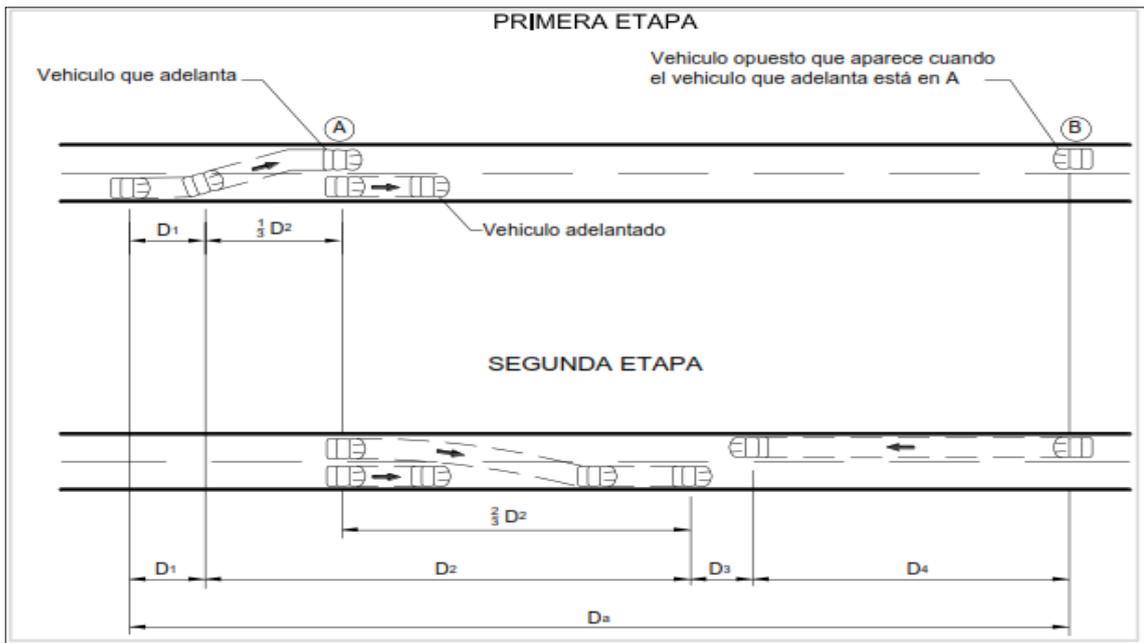
Nota: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

• **Distancia de Visibilidad de Paso o Adelantamiento.**

La distancia de visibilidad de paso: Esta longitud sirve para facilitar al conductor que va pasar a otro que viaja a una rapidez menor, esta distancia es la mínima y debe de ser segura y cómoda y además no causar ni alteraciones en la rapidez de un vehículo considerado como tercero que está viajando en un sentido contrario a los dos anteriores, pero, las condiciones mencionadas

solo se cumplen cuando las diferencias en sus velocidades de los primeros tienen 15km/h, mientras que el vehículo que recorre en el otro sentido viaja a la velocidad diseñada para esa carretera. Finalmente, esta longitud de visibilidad solo se aplicará en carreteras de dos carriles y para circulación del tráfico en dos direcciones, ya que, el adelantamiento debe de realizarse en un carril contrario de circulación (DG-2018, 2018).

Figura 2. 2: Distancia de Visibilidad de Adelantamiento



Nota: Manual de Carreteras DG 2018

En la figura anterior también se muestra un esquema de la distancia de adelantamiento, por lo que, se muestra la siguiente fórmula:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- D_a : distancia visible para adelantar, en m
- D_1 : Distancia que recorre en el tiempo de percepción y reacción (m).
- D_2 : Longitud del trayecto recorrido del motorizado que está adelantando, desde que pasa al carril contrario y regresa al de su recorrido.

D_3 : Distancia segura, dada entre el automóvil que realizó la maniobra y el motorizado que está recorriendo el sentido contrario.

D_4 : Longitud del trayecto realizado por el tercer automóvil y es aproximadamente a $2/3$ de D_2), se mide en m.

Así mismo, serán utilizadas como ejemplo de cálculo y como guía para calcular dicha distancia considerada en la figura anterior y los valores que se han obtenido en el manual de la AASHTO año 2004 presentados en la tabla siguiente, en los que considera cuatro rangos de velocidad de manera específica en tangente.

Para mayor seguridad, el adelantamiento es calculada con la velocidad tangente con la que se realiza la acción explica anteriormente.

$$D_1 = 0.278t_1 \left(V - m + \frac{a*t_1}{2} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

Donde:

t_1 : Tiempo de la acción o maniobra, en segundos.

V : velocidad del automóvil que va adelantar, en km/h.

a : aceleración promedio del automóvil que es necesaria para que efectué adelantar en kilómetros recorridos en una hora.

m : resta de velocidad entre el vehículo que pasa delante y el que es adelantado, dicha resta es superior a los 15 kilómetros por hora.

Cada uno de los valores se encuentran en la siguiente tabla, para las cuales existen rangos de cada velocidad y se encuentran entre 50-65, 66-80, 81-95 y 96-110 km/h. así mismo la misma tabla, se muestra el ejemplo de cálculo y como realizar el proceso

$$D_2 = 0.278 V * t_2 \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- V : Rapidez del automóvil que pretende adelantar, en km/h.
 t_2 : Tiempo necesario por el automóvil para realizar tal acción desde entrar y volver a su carril de origen. Medido en segundos.

Por lo tanto, el tiempo de t_2 se muestra en la tabla siguiente:

$$D_3 = \text{distancia variable entre 30 y 90 m} \dots\dots\dots \text{ecuación 7}$$

D3 en cada rango se muestra en los datos de la siguiente tabla.

Tabla 2. 4: Elementos de la Distancia de Adelantamiento y Ejemplo de Calculo

COMPONENTES DE LA ACCION PARA ADELANTAR	RANGO DE VELOCIDAD ESPECIFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTUA LA MANIOBRA			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE ADELANTA, V (km/h)			
	56.2	70.0	84.5	99.8
<u>Maniobra inicial</u>				
a: Promedio de aceleración (km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t1: Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d1: Distancia de recorrido en maniobra (m)	45	66	89	113
<u>Ocupación del carril contrario</u>				
t2: Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d2: Distancia de recorrido en maniobra (m)	145	195	251	314
<u>Distancia de seguridad</u>				
d3: Distancia de recorrido en maniobra (m)	30	55	75	90
<u>Vehículos en sentido opuesto</u>				
d4: Distancia de recorrido en maniobra (m)	97	130	168	209
$Da=d1+d2+d3+d4$	317	446	583	726

Nota: Manual de Carreteras (DG-2018, 2018).

En la siguiente tabla. Se encuentran las estimaciones mínimamente recomendadas, en relación a la distancia para pasar o adelantar.

Tabla 2. 5: Mínima Distancia de Adelantamiento para Carreteras de Dos Carriles en Dos Sentidos

VELOCIDAD ESPECIFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTUA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHICULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE ADELANTA (km/h)	MINIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO Da (m)	
			CALCUL.	REDON.
20	-	-	160	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Nota: Manual de Carreteras DG 2018

En resumen, para vías que tiene dos carriles que tienen doble sentido de recorrido, por el elevado nivel de serviciabilidad, y además para ser segura la circulación, debemos de tener en cuenta las máximas longitudes posibles (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

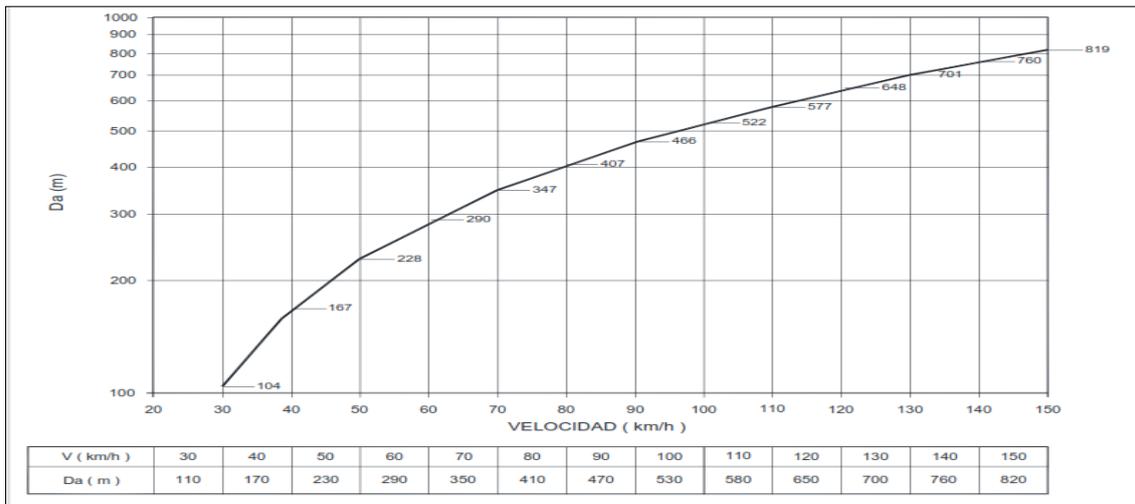
Tabla 2. 6: Máximas Longitudes sin Visibilidad de Paso o Adelantamiento

Categoría de la vía	Longitud
Autopista de primera y segunda clase	1500 m
Carretera de primera clase	2000 m
Carretera de segunda clase	2500m

Nota: Manual de Carreteras DG 2018

Así mismo, la presente distancia visible de paso, se puede calcular de acuerdo a la figura siguiente:

Figura 2. 3: Distancia de Visibilidad de Paso (Da)



Nota: Manual de Carreteras DG 2018

2.2.3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

El diseño referido a este tipo de geometría conocida como planta es considerado aquel que se constituye mediante alineamientos de forma recta, de forma curva, también circulares, que tienen grado de curvaturas variables y que además debe de considerar las transiciones suaves cuando se pase de los alineamientos rectilíneos a los alineamientos circulares o también lo contrario o que también puede aplicarse a dos curvas del mismo estilo pero que su curvatura es diferente. Así mismo, se considera que este alineamiento tiene que garantizar que la operación de vehículos sea de manera ininterrumpida, sin modificar la velocidad diseñada, sin embargo, la tierra controla el tamaño de los radios de las curvas de clase horizontal y es la que controla la distancia de visibilidad (DG-2018, 2018).

- **Consideraciones para el Alineamiento de Forma Horizontal.**

Los tramos rectos que sean demasiados largos se deben de evitar, porque en el día son monótonos y en las noches existe los peligros de deslumbramientos.

En el primer y segundo nivel de las autopistas, se debe de aplicar combinar las curvas para radios grandes.

Para los ángulos que tienen como característica será ángulos de deflexión Δ pequeños, es decir, menores o iguales a 5° , los radios cumplirán ciertos requisitos como ser bastantes extensos como para proporcionar curvas de longitudes mínimas conocidas como L y son obtenidas (DG-2018, 2018).

Se calcula con la formula siguiente:

$$L > 30(10 - \Delta), \Delta < 5^\circ \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

(L en metros; Δ en grados)

Nunca los ángulos considerados de deflexión serán menores a 59 minutos

La distancia mínimamente de una curva (L) se detalla a continuación.

Tabla 2. 7: Longitud Mínima de Curva

Carretera red nacional	L (m)
Autopistas	6 V
Carreteras de dos carriles	3 V

Nota: Manual de Carreteras DG 2018

Además, para aquellos ángulos considerados como pequeños no se necesita una curva horizontal.

Tabla 2. 8: Ángulos de Deflexión Máximos para los Cuales no se Requiere una Curva Horizontal

Velocidad de Diseño (km/h)	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2°30'
40	2°15'
50	1°50'
60	1°30'
70	1°20'
80	1°10'

Nota: (DG-2018, 2018).

Cuando los ángulos en curvas son de deflexión y estos por lo general son pequeños, entonces las curvas deben de considerarse lo demasiadamente largas con el objetivo de evitar una fea imagen, por lo que dichas curvas de tener una longitud mínimamente de 150 m cuando el Angulo en el

centro de 5 grados y además la longitud mínimamente de aumentarse en 30 m en cada grado que disminuya el Angulo central. Por lo tanto, debe de cumplirse $L_{min} = 3V$.

En las tangentes extensas o en lugares donde las curvas son leves, las curvas horizontales deben de ser decrecientes o debidamente señalizadas para facilitar la orientación a los conductores.

En un tramo en tangente no se recomienda dos curvas que sean sucesivas y en el mismo sentido, se debe de realizar más bien una sola curva compuesta y En curvas sucesivas y de sentidos opuestos, consideradas como curvas que son de transición, cuando los extremos coinciden estos deben de estar separados en cortas extensiones en la tangente. Finalmente, No se debe de utilizar desarrollos en carreteras del tipo autopistas y lo evitaremos en carreteras del tipo primera clase.

- **Tramos en Tangente.**

“Las longitudes consideradas en los tramos en tangente son las longitudes mínimas admisibles y las máximas deseables” (DG-2018, p. 127).

Estas longitudes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. 9: Longitudes de Tramos en Tangente

V (km/h)	L min. S(m)	L min. O(m)	L Max (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

Nota: Manual de Carreteras DG 2018.

Donde:

$L_{min.s}$: Es la longitud mínimamente determinada y calculada en metros en los trazados en forma de “S”

$L_{min.0}$: Distancia mínimamente en metros en los casos restantes como en las características del primero

$L_{m\acute{a}x}$: longitud deseada considerada máxima en metros

V : Rapidez de diseño deseada en km/h.

Los tramos en tangente presentados en la tabla 9 anterior. Han sido calculadas con las fórmulas siguientes:

$$L_{min.s} = 1.39V \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

$$L_{min.0} = 2.78V \dots\dots\dots \text{Ecuación 10}$$

$$L_{max} = 16.70V \dots\dots\dots \text{Ecuación 11}$$

- **Curvas Circulares u Horizontales.**

Este tipo de curvas mencionadas son aquellas que están conformadas por diferentes arcos de circunferencia que cuentan con un solo radio, además; este tipo de curvas son las que unen tangentes diferentes en un numero de dos que se encuentran de manera adyacente, así mismo, conforman una proyección de manera horizontal de todas las curvas ya sean de forma real o espacial (DG-2018, 2018).

- **Elementos de la Curva Circular**

En una curva circular los elementos y su nomenclatura son los siguientes:

P. C : En este punto inicia la curva.

P. I : Demuestra la intersección de 2 alineamientos sucesivos.

P. T : Es los puntos en tangencia.

E : La externa en metros

M : Longitud de la ordenada medida en metros

R : Medida del radio de la curva en metros

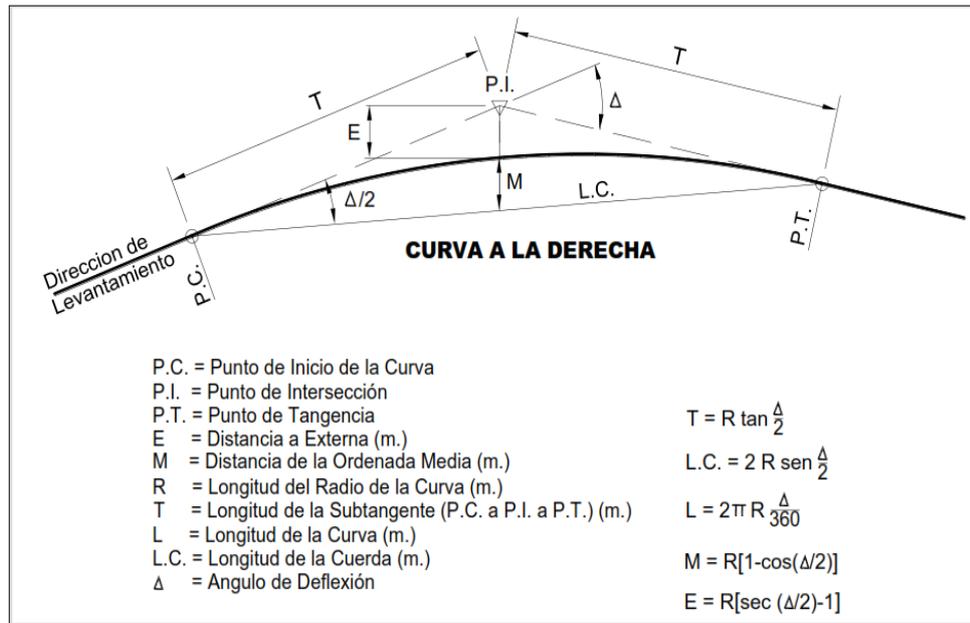
T : Longitud de la subtangente (desde el P.C al P.I a P.T) (m)

L : Longitud de la curva medida en metros.

$L. C$: Distancia de la cuerda medida en metros

- Δ : Símbolo del Angulo de deflexión
- p : Este es el peralte, se mide en (%).
- Sa : Se conoce como sobreancho, y se mide en metros

Figura 2. 4: Simbología de la Curva Circular



Nota: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, p. 128).

• **Radios Mínimos.**

Se entiende a aquellos valores que toman los radios para que se pueda recorrer una curva con la velocidad de diseño en una curva que tenga el peralte máximo, de las cuales brinda muchas condiciones seguras y cómodas (DG-2018, 2018). Se calcula utilizando la siguiente formula:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(0.01 \cdot P_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})} \dots\dots\dots \text{Ecuación 12}$$

Donde:

R_{min} : Radio Mínimo calculado en metros.

V : Representa la velocidad de diseño para la carretera.

$P_{m\acute{a}x}$: Es el peralte máximo, asociado a la velocidad de diseño

$f_{m\acute{a}x}$: Coef. de rozamiento transversal, asociada a la Vel. Diseño V .

Tabla 2. 10: Radios Mínimos y Peraltes Máximos para Diseño de Carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P Max (%)	f Max	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4	0.17	33.7	35
	40	4	0.17	60	60
	50	4	0.16	98.4	100
	60	4	0.15	149.2	150
	70	4	0.14	214.3	215
	80	4	0.14	280	280
	90	4	0.13	375.2	375
	100	4	0.12	492.1	495
	110	4	0.11	635.2	635
	120	4	0.09	872.2	875
Área rural (con peligro de hielo)	130	4	0.08	1108.9	1110
	30	6	0.17	30.8	30
	40	6	0.17	54.8	55
	50	6	0.16	89.5	90
	60	6	0.15	135	135
	70	6	0.14	192.9	195
	80	6	0.14	252	255
	90	6	0.13	335.7	335
	100	6	0.12	437.4	440
	110	6	0.11	560.4	560
Área rural (plano u ondulado)	120	6	0.09	755.9	755
	130	6	0.08	950.5	950
	30	8	0.17	28.3	30
	40	8	0.17	50.4	50
	50	8	0.16	82	85
	60	8	0.15	123.2	125
	70	8	0.14	175.4	175
	80	8	0.14	229.1	230
	90	8	0.13	303.7	305
	100	8	0.12	393.7	395
Área rural (accidentada o escarpada)	110	8	0.11	501.5	500
	120	8	0.09	667	670
	130	8	0.08	831.7	835
	30	12	0.17	24.4	25
	40	12	0.17	43.4	45
	50	12	0.16	70.3	70
	60	12	0.15	105	105
	70	12	0.14	148.4	150
	80	12	0.14	193.8	195
	90	12	0.13	255.1	255
100	12	0.12	328.1	330	
110	12	0.11	414.2	415	
120	12	0.09	539.9	540	

Nota: (DG-2018, 2018).

- **Curvas en Contraperalte.**

Las curvas en contraperalte se considera aquellas que las estimaciones de las medidas del radio, puede mantenerse el bombeo de manera natural, el cual da como resultado una curva con las características que se puede circular de manera normal (DG-2018, 2018).

Además, se de considerar:

Tabla 2. 11: Radios Mínimos en Contraperalte Vías Pavimentadas

Velocidad (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
(fmax/2-0.0250)	0.05	0.05	0.045	0.04	0.04	0.035	0.03	0.25
RL Calculado	567	772	1120	1560	1970	2722	3780	5322
RL Adoptado	1000	1000	1200	1600	2000	2800	4000	5500

Nota: (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 12: Radios Mínimos en Contraperalte

Vs	Radio mínimo en contraperalte		
	km/s	P=-2.0%	P=-2.5%
60		550	600
70		750	800
80		1100	1200
90		1500	1600
100		1900	2100
110		2600	3000
120		3500	4100
130		4700	5300

Nota: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 113).

- **Sobrecancho.**

Es el ancho agregado a una curva, con la intención de poner el espacio necesario que requiere un vehículo durante el desarrollo de la misma. La necesidad de tener el sobrecancho en la curva es debido a la trayectoria que los vehículos realizan al no poder sostenerse en la vía producto de una fuerza que pretende sacarlo de su trayectoria (DG-2018, 2018).

$$S_a = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{v}{10\sqrt{R}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 13}$$

Donde:

S_a : Símbolo que se pretende calcular.

n : Representa a la cantidad de carriles

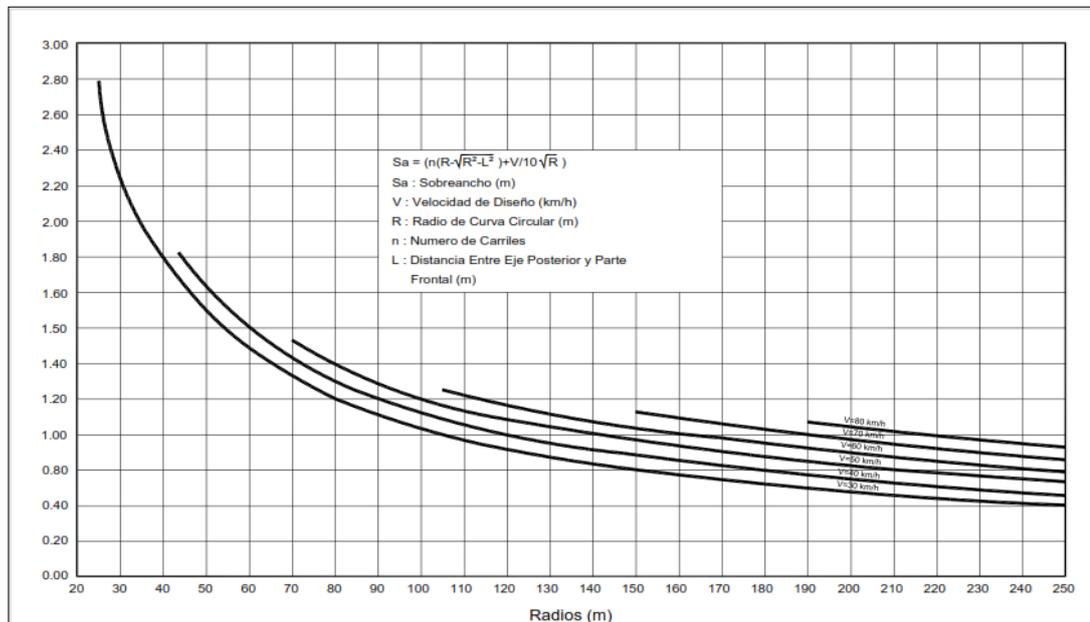
R : Medida del vector radio

L : Longitud desde el eje de atrás y la parte del frente del vehículo.

V : Símbolo representativo de la velocidad

También lo podemos determinar el sobreebanco, de acuerdo como se estipula en la **figura siguiente**. En función a “ L ” del tipo de vehículo de diseño.

Figura 2. 5: Valores de Sobreebanco en Función a "L" del Vehículo de Diseño



Nota: (DG-2018, 2018).

2.2.3.4. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL.

Este diseño mencionado está constituido por un conjunto de líneas rectilíneas que enlazan mediante curvas de forma parabólica, las mismas que son tangentes, además; haciendo mención a las pendientes, estas se definen de acuerdo avance de la vía, de manera que las positivas, son aquellas que tienen un aumento en cotas, mientras que las negativas, tienen a disminuir las sus cotas. Este alineamiento deberá de garantizar que los vehículos operen de manera continua, sin embargo, en muchas veces ha sido condicionado por la

topografía del terreno, pero, debe de rehabilitarse tratando que las distancias de visibilidad cumplan con lo normado a fin de evitar muchos accidentes (DG-2018, 2018).

- **Consideraciones de Diseño.**

Si el terreno tiene una topografía plana, la rasante se debe de ubicar por sobre del nivel del terreno con la finalidad de facilitar el drenaje.

Si el terreno tiene una topografía accidentada, la rasante debe de ubicarse junto al terreno para evitar tramos en que se encuentren en contrapendiente y algunos alargues de manera innecesaria.

Cuando el terreno es de topografía escarpado, el diseño en perfil tiene condiciones por sus divisorias de aguas.

Se debe de hacer hasta lo imposible para evitar que dos curvas verticales sean sucesivas o también llamada de “lomo quebrado”.

Muchas pendientes superadas por la longitud de manera critica, serán analizadas para facilitar el tránsito más lento.

Cuando el recorrido sea en pendientes de bajada, y sean largas y a la vez muy pronunciadas, es necesario, de ser posible, la inclusión de carriles permitiendo que permitan las maniobras de frenado.

Pendientes. La pendiente en carreteras es la manera de expresar la relación de altura cuando asciende un vehículo y la distancia horizontal que se ha desplazado, y que matemáticamente se conoce como tangente del ángulo formado por carretera respecto a la horizontal (DG-2018, 2018).

Pendientes Mínimas. La pendiente mínimamente que debemos tener es de 0.5 % con la finalidad de que el drenaje que se genera por las aguas superficiales sea evacuado correctamente” (DG-2018, 2018).presentan los siguientes casos:

La pendiente puede ser de 0.2% siempre y cuando la superficie de rodadura tenga un bombeo correspondiente al valor de 2% y exista las bermas.

Cuando el bombeo sea del 2.5%, la pendiente se puede tomar como 0%

Cuando en la carretera haya bermas la pendiente mínimamente se considerará un aproximado de 0.5% o conocida con el nombre de mínima excepcional teniendo un valor de 0.35%

En transición de peralte se considerará la pendiente mínima con un valor de 0.5%

Pendiente Máxima. Esta característica se considerará como se indica en la **tabla 13**. Con las siguientes particularidades.

Si la altitud de la zona es superior a los 3.000 metros sobre el nivel del mar, los datos obtenidos en la **tabla 13**. Serán reducidos en 1% para terrenos con topografía accidentada y escarpada.

Cuando se esté trabajando en autopistas, las pendientes descendentes pueden bajarse en 2% como se establece en la siguiente tabla.

Tabla 2. 13: Pendientes Máximas

Demanda	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera																
	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 400				<400																
Características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase																
Tipo de Orografía	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																			10.00	10.00													
40 km/h																			9.00	8.00	9.00	10.00											
50 km/h																			7.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00	8.00								
60 km/h																			6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00	
70 km/h																			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	7.00
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00															
90 km/h	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00															
100 km/h	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00																
110 km/h	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00																
120 km/h	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00																
130 km/h	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50																

Nota: Manual de Carreteras DG 2018

Pendientes Máximas Excepcionales. Las pendientes máximas excepcionales deben de tener las siguientes consideraciones.

Cuando la pendiente sea mayor al 5% en ascenso continuo, se debe de proyectar descansos a cada 3 km, donde el descanso tendrá una longitud no menor a los quinientos metros y que la pendiente sea menor a los 2%.

Si la pendiente es mayor a 10% los tramos no serán mayores a 180 m.

En tramo mayores a 2000 m, su pendiente no excederá a 6%.

Si en una curva su radio es menor a 500 m su pendiente no superara el 8%.

- **Curvas Verticales**

Este tipo de curvas son aquellas donde se unen dos tangentes consecutivas que presentan pendientes que son sucesivas pero que al mismo tiempo son diferentes de magnitud y sentido lo cual va a generar que haya transición entre rasantes. Por lo que el diseño en cual se realice tendrá que garantizar que cada proyecto sea viable y que para ello las inclinaciones que se presentan sean mínimas y máximas. Entonces una curva vertical será cuando exista diferencia en sus tangentes mayores al 1% en las vías asfaltadas y también se considerará el 2% cuando no lo sean (DG-2018, 2018).

Además, en curvas que tenga la característica de ser parabólicas, serán definidas por el parámetro conocido como curvatura K , que se encuentran definido como la distancia de la misma curva, pero, en un plano que tiene la característica de ser horizontal medido en metros por cada 1% que varíe dicha (DG-2018, 2018). Así:

$$K = \frac{L}{A} \dots \dots \dots \text{Ecuacion 14}$$

Donde:

- K : Representa al parámetro de curvatura de todas las curvas.
- L : Distancia total del tipo de curva.
- A : Diferencia de pendientes considerar el valor positivo.

Longitud de Curvas Convexas: Se calcula, con las ecuaciones.

✓ **Para Contar con la Visibilidad de Parada (Dp)**

Cuando $D_p < L$ $L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$Ecuación 15

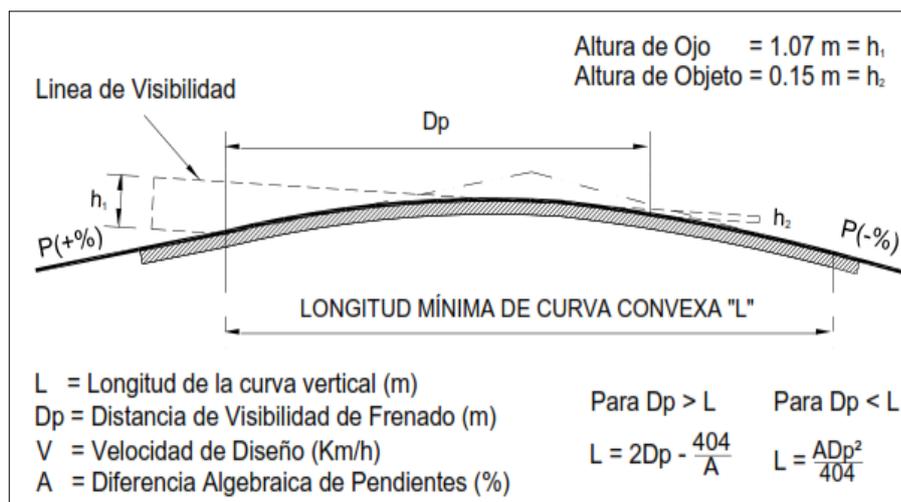
Cuando $D_p > L$; $L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$Ecuación 16

Donde:

- L : distancia total de la curva vertical (m)
- D_p : longitud visible en parada (m)
- A : diferencia positiva de las pendientes en %
- h_1 : altura de los ojos del chofer respecto de la rasante (m).
- h_2 : altura del objeto extraño ubicado sobre la rasante (m).

A continuación, en la siguiente figura encontramos a detalle los explicado en las ecuaciones planteadas y con las alturas ya mencionadas como sigue: $h_1 = 1.07m$ y $h_2 = 0.15m$

Figura 2. 6: Longitud Mínima de Curva Vertical Convexa con Distancia de Visibilidad de Parada



Nota: Manual de Carreteras DG 2018

cuando $D_p < L$; $L = \frac{AD_p^2}{404}$Ecuación 17

cuando $D_p > L$; $L = 2D_p - \frac{404}{A}$Ecuación 18

✓ Para Contar con Visibilidad de Adelantamiento o Paso (D_a)

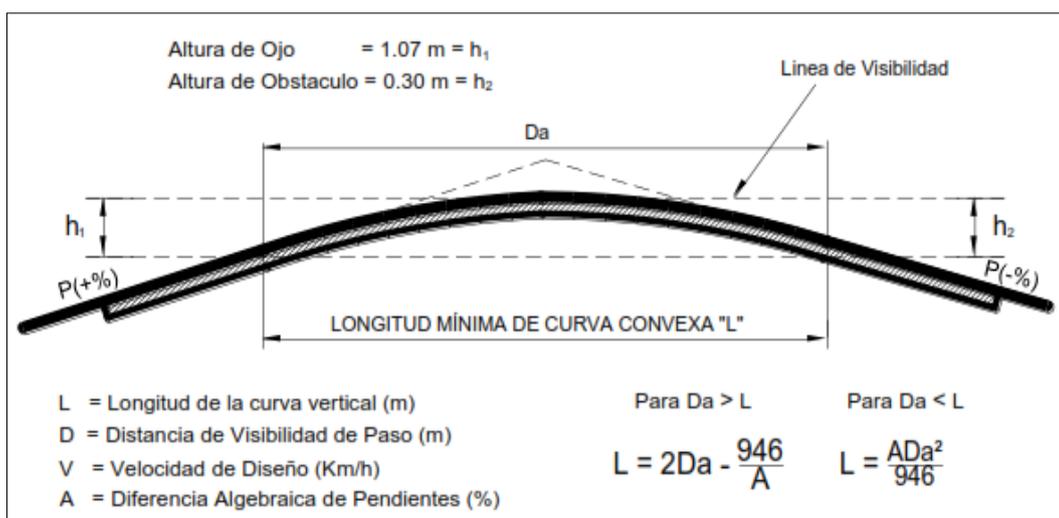
cuando $D_a < L$; $L = \frac{AD_a^2}{946}$Ecuación 19

cuando $D_a > L$; $L = 2D_a - \frac{946}{A}$ Ecuación 20

En todos los casos

- D_a : longitud visible para adelantar o para pasar en metros
- L : longitud de toda la curva en este caso vertical (m)
- A : diferencia positiva de pendientes (%)

Figura 2. 7: Longitud Mínima de Curvas Verticales Convexas con Distancia de Visibilidad de Paso



Nota: Manual de Carreteras DG 2018

2.2.3.5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Para este tipo de diseño, trata de la descripción de cada uno de los elementos de la carretera; pero, realizando un corte de manera vertical de manera normal al alineamiento horizontal, la misma que permite definirlo a cada uno de ellos sus dimensiones de cada uno, en el lugar ubicado a cada sección y la relación respectiva al terreno de manera natural (DG-2018, 2018).

Además, también debemos de conocer que las secciones transversales cambian de acuerdo a los puntos que se toman, siendo diferentes para cada uno de ellos, dependiendo de la combinación de sus diferentes elementos y de las características del trazado correspondiente, de los cuales la más importante es la que se ha destinado a la capa de rodadura o calzada, la misma que tiene características particulares de acuerdo a la calidad del servicio (DG-2018, 2018). Algunos elementos más importantes de dicha sección son los siguientes.

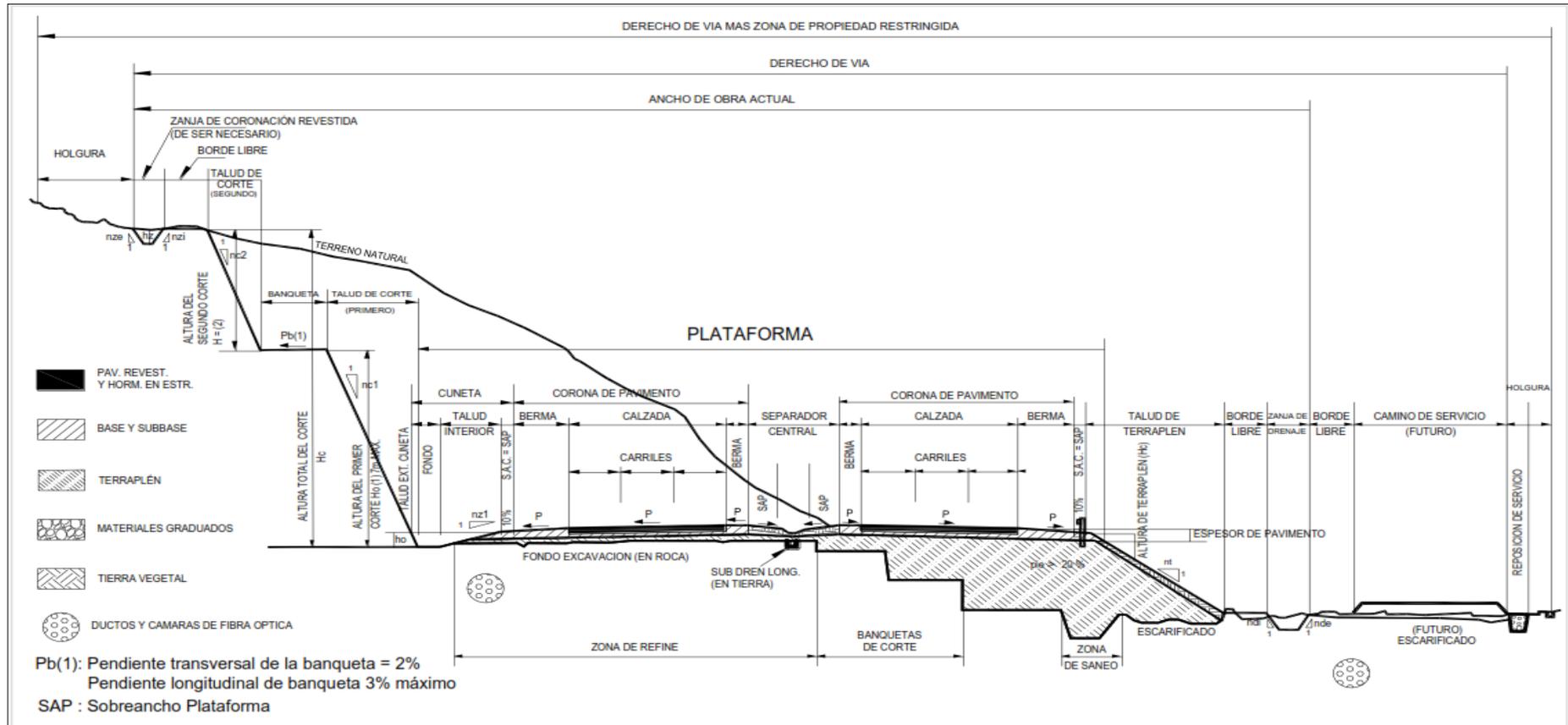
- **Calzada o Superficie de Rodadura:** Es la parte más importante en la sección transversal, es la parte de la carretera que se encuentra destinada para que los automóviles circulen, tienen carriles de acuerdo al servicio que pretende brindar, los cuales debe de tener como mínimo un valor de dos, a esta característica no corresponde la berma (DG-2018, 2018)
- **Ancho de la Calzada en Tangente:** La medida del ancho de esta característica se encuentra en tangente determinado por consiste en el final del periodo de diseño, por lo que el estudio de tráfico es el que determina el ancho y número de carriles (DG-2018, 2018).
- **Ancho de la Calzada en Curva:** La medida de la sección transversal de esta curva se encuentra en tangente son los que de indican en la tabla 14 en los cuales se adicionaran sobreaño en las curvas (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 14: Anchos Mínimos de Calzada en Tangente

Demanda	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera																					
	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 400				<400																	
Vehículos/día	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase																	
Tipo de Orografía	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																			6.60	6.60														
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									
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	7.20	7.20	7.20	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	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	7.20	7.20	6.60	6.60	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	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60																	
110 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	6.60	6.60	6.60	6.60																	
120 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	6.60	6.60	6.60	6.60																	
130 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	6.60	6.60	6.60	6.60																	

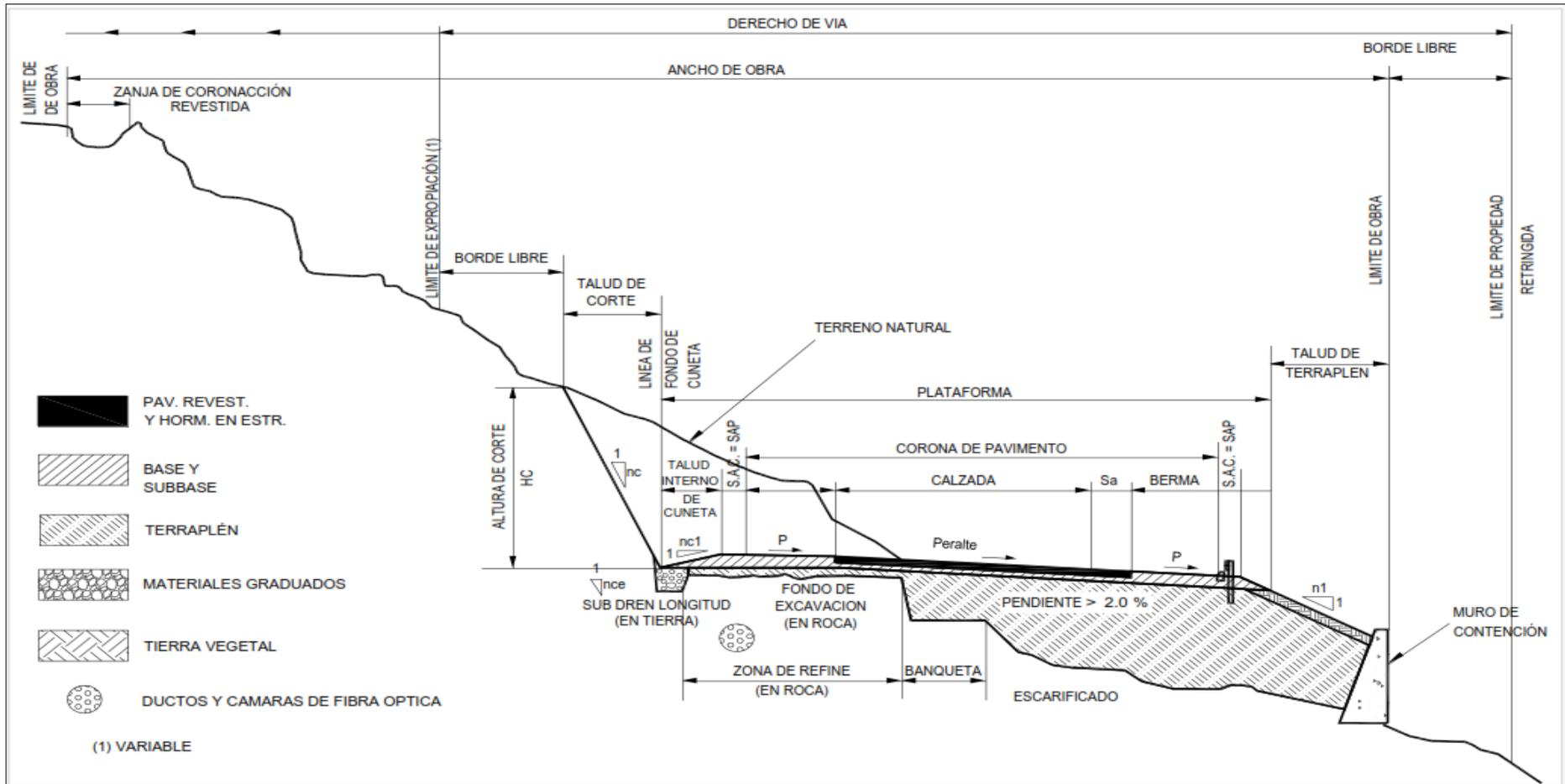
Nota: Manual de Carreteras DG 2018.

Figura 2. 9: Sección Transversal Tipo a Media Ladera Para una Autopista en Tangente.



Nota: Manual de Carreteras DG 2018

Figura 2. 10: Sección Transversal Típica a Media Ladera Vía de Dos Carriles en Curva



Nota: Manual de Carreteras DG 2018

- **Bermas:** Las bermas, están definidas como la franja adyacente y que además es paralela a la parte de la carretera conocida como calzada, esta cumple una función que es la de dar confinamiento y seguridad para los vehículos que estén caso de emergencia. Las bermas deben de mantener el mismo nivel de inclinación que se refiere al bombeo o al peralte de la calzada para dar continuidad, y que además de acuerdo al análisis económico del proyecto y por estar junto a la calzada debe de estar constituida de los mismos materiales que conforman la calzada. En las autopistas se debe trazar bermas interiores y exteriores en cada una de las calzadas, considerando que las primeras sean menos anchas que las otras y en las carreteras donde solo exista una calzada, las bermas deben de ser de anchos iguales.

Tabla 2. 15 Ancho de Bermas

Demanda	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera																								
Vehículos/día	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 400				<400																				
Características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase																				
Tipo de Orografía	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																			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	0.90								
60 km/h																							3.00	3.00	3.00	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	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	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		7.20	7.20			2.00							1.20	1.20																
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		7.20			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																																				

Nota: Manual de Carreteras DG 2018

- **Bombeo:** La característica a la que se hace mención es la pendiente de manera perpendicular a la longitudinal, en otras palabras, es de forma transversal, que tiene la vía y su objetivo es que facilite el drenaje del agua superficial, entendiéndose que la mencionada pendiente es de los ejes a los bordes, además depende de la calzada y también de la hidrología como la precipitación de dicha zona donde se ubica la carretera (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 16: Valores del Bombeo de la Calzada

Tipo de carretera	Bombeo (%)	
	Tormenta <500mm/anales	Tormenta >500mm/anales
Para asfalto/ cemento portland	2	2.5
Para tratar en la superficie	2.5	2.5 - 3.0
Solo afirmado	3.0 - 3.50	3.0 - 4.0

Nota: Manual de Carreteras DG 2018

- **Peralte:** El peralte es una pequeña inclinación que está en forma transversal en cada tramo de curva con el propósito de equiparar la fuerza que tiene características centrifugas que genera el vehículo. En caso contrario esta fuerza generaría que el vehículo salga de su trayectoria original (DG-2018).

✓ **Valores del Peralte (máximos y mínimos)**

Tabla 2. 17: Valores del Peralte Máximo

Pueblo o ciudad	Peralte máximo (P)		Ver figura
	Absoluto	Normal	
Zona rural (T. pla., ond. o ac.	8%	6%	302.03
Zona rural (T. ac. o escarpado	12%	8%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8%	6%	302.05

Nota: (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 18: Valores del Peralte Mínimo

Velocidad de diseño (km/h)	Radios de Curvatura
$V \geq 100$	$5000 \leq R < 7500$
$40 \leq V < 100$	$5000 \leq R < 7500$

Nota: (DG-2018, 2018).

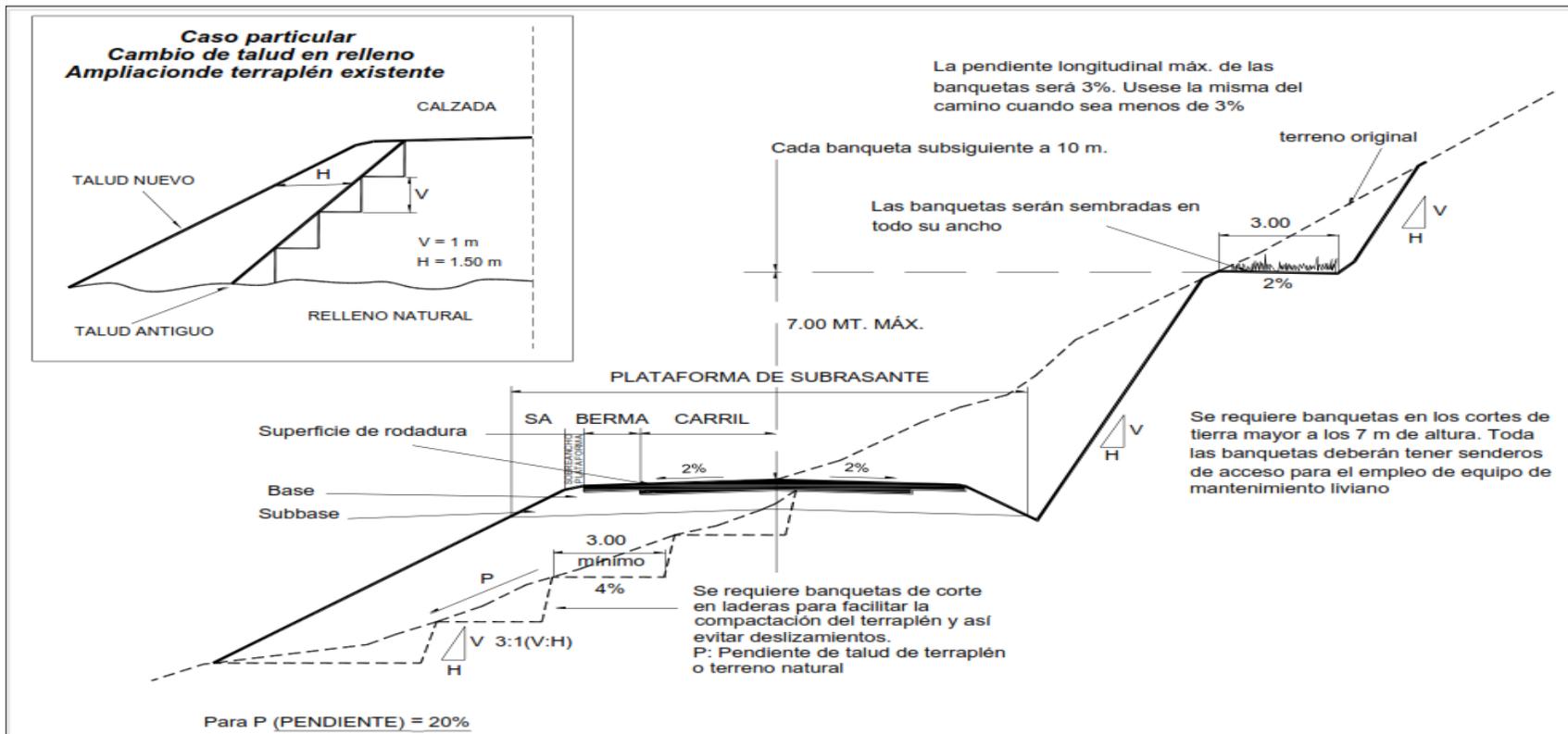
Tabla 2. 19: Valores del Radio a Partir del cual no es Necesario Peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥ 100
Radio (m)	3 500	3 500	3 500	7 500

Nota: DG-2018, 2018)

- **Talud:** inclinación diseñada en el terrero con el fin de crear estabilidad en los diferentes tipos de suelos correspondientes, para crear condiciones de drenaje ya sean superficiales o subterráneos, de acuerdo al caso, estos tendrán mayor importancia en zonas donde se presenten fallas geológicas o sean materiales que tienen características inestables (DG-2018, 2018).

Figura 2. 11: Sección Transversal Típica en Tangente



Nota: (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 20: Valores Diferenciales para Taludes en Corte

Clasificación de los materiales en corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5	1:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:08	1:2	*	*	*

Nota: (DG-2018, 2018).

Tabla 2. 21: Taludes Referenciales en Zonas de Relleno (Terraplenes)

Materiales	Talud (H:)		
	Altura (m)		
	<5	05-Oct	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:25
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Nota: (DG-2018, 2018).

2.2.4. PUNTOS NEGROS

Es aquel emplazamiento perteneciente a una red de carreteras en donde, durante un período determinado de tiempo, ha ocurrido más de un cierto número de accidentes.

De la misma manera, este concepto se conoce en noruega como cualquier sección de carretera de longitud no mayor de 100 m donde, durante un período de cuatro años, han sido registrados por la policía al menos cuatro accidentes con heridos." En España: La Consejería de Transportes de la Comunidad de Madrid diferencia los puntos Considera como un punto negro.

2.2.4.1. MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS A NIVEL MUNDIAL

Las metodologías de identificación de puntos de concentración de accidentes descritas por Rune Elvik, es aplicada en 8 países o regiones europeas como Alemania, Austria, Dinamarca, Flandes, Hungría, noruega, Portugal y Suiza.

Tabla 2. 22: Criterios de identificación de los TCA

	Criterios
Criterio I	$IP_{AA} \geq P/2$ y $IP_{UA} \geq P/2$
Criterio II	$IPM_2 \geq 2P/3$
Criterio III	$SACV_{AA} \geq N/5$ y $SACV_{UA} \geq N/5$
Criterio IV	$SACV_2 \geq N/2$

Nota: (MTC, 2017).

IMP_5 : Índice de peligrosidad medio en los últimos 5 años (ACV / 108 veh-km).

Cuando a lo largo del período de 5 años se hayan producido modificaciones sensibles en las características físicas o del tráfico del tramo, se considerarán el índice de peligrosidad medio y los accidentes del periodo en que el tramo se haya mantenido con su configuración actual.

IMP_2 : Índice de peligrosidad en los últimos 2 años (ACV/10⁸ veh-km).

ΣACV_5 : Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 5 años.

ΣACV_2 : Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 2 años.

Sub índice AA: Año anterior.

Sub índice UA: Último año.

P: Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico).

N: Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico).

Los valores de las variables P y N para autovías, autopistas y carreteras convencionales desdobladas. Estos valores se actualizan periódicamente. La aplicación de P y N se considera para la suma de ambos sentidos, también para vías desdobladas. Los valores se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 2. 23: Autovías, autopistas y carreteras convencionales desdobladas

IMD	URBANO		PERIURBANO		INTERURBANO	
	P	N	P	N	P	N
0-10.000	109	10	109	10	31	10
10.000-15.000	93	10	93	10	31	10
15.000-20.000	54	10	54	10	26	10
20.000-40.000	38	10	38	10	21	10
40.000-80.000	23	10	23	10	24	10
>80.000	18	15	18	15	24	18

Nota: (MTC, 2017).

Tabla 2. 24: Valores de las variables P y N

IMD	URBANO		PERIURBANO		INTERURBANO	
	P	N	P	N	P	N
0-3.000	230	10	41	5	141	10
3.000 a 5.000	113	5	106	5	65	5
5.000 a 8.000	96	5	89	5	73	5
8.000 a 15.000	84	7	73	6	74	6
>15.000	65	9	81	11	45	6

Nota: (MTC, 2017)

2.2.4.2. METODOLOGÍA DEL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL PARA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS

- El mencionado manual de seguridad vial del MTC, está basado en el modelo español y atiende a las siguientes características:
- No se requiere segmentación de la red.
- Requiere que se aplique ventana deslizante.
- P: Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico), a calcular con los índices de peligrosidad de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.

- N: Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico), a calcular con el número de accidentes con víctimas de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.
- No requiere registros o número de accidentes esperados.
- No considera la lesividad; Requiere 2 años como tiempo de estudio

Tabla 2. 25: Valores iniciales de P y N para carreteras convencionales

IMD	URBANO		INTERURBANO	
	P	N	P	N
0-10.000	200	10	100	10
10.000-40.000	100	20	80	15
>40.000	50	30	50	20
0-5.000	500	10	300	8
5.000-10.000	200	10	200	10
>10.000	100	15	100	15

Nota: (MTC, 2017).

2.2.4.3. PUNTOS NEGROS MÁS RELEVANTES EN EL PERÚ

De acuerdo con el manual de seguridad del MTC año 2017 se ha identificado 71 puntos negros en 30,000 Kilómetros en vías nacionales hasta el año 2016. Estos puntos negros concentran el 29% de los accidentes de tránsito. La identificación se basó de la siguiente manera:

Así mismo, el número de siniestros, lesionados y fallecidos, según región, en el año 2021, solo en Lima se registró 35848 siniestros equivalente a 48.0% y la región Cajamarca registró 2006 siniestros equivalente a 2.7%.

- Revisión de las actas de accidentes de tránsito según la PNP.
- Georreferenciación de los accidentes.
- Características de la vía como: topografía, región geográfica, número de carriles, estado de la vía y flujo vehicular.
- Número de personas fallecidas y número de personas heridas.

2.2.5. SEÑALIZACIÓN VIAL

La señalización vial es muy importante, puesto que nace de la necesidad de mantener informada al conductor del vehículo de las características de la carretera por la cual circula y del entorno por la que esta discurre (Chugnas, 2019). Por lo tanto, la señalización está definida por 3 puntos.

- Advertir de la existencia de peligros potenciales.
- Informar de la vigencia de ciertas normas y reglamentaciones en un tramo determinado de vía.
- Orientar al usuario mediante las oportunas indicaciones para que éste sepa en todo momento dónde está, hacia dónde va y qué dirección tomar para cambiar de destino.
 - ✓ **Claridad:** La información será clara y que llame la atención del conductor y en zonas que no comuniquen lo contrario.
 - ✓ **Sencillez:** El código empleado debe ser comprensible por cualquier usuario capacitado para la conducción.
 - ✓ **Precisión:** debe de ser precisa, disponiendo de su comprensión, decisión y reacción ante la advertencia y sin demasiado antelación ya que podría confundir al usuario.
 - ✓ **Universalidad:** La interpretación del código será homogénea a nivel nacional y país en donde se encuentre.

Además, se debe de tener cuidado que un porcentaje importante de los accidentes se han dado debido a la mala señalización de ciertos tramos en las carreteras, estas zonas de manera popular y eje principal de esta investigación es conocida como **Puntos negros**, lo cual, añaden a un deficiente trazado o estado de conservación la inexistencia de una adecuada señalización que avise adecuada e incluso repetidamente de la peligrosidad en dicha zona.

2.2.5.1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

De acuerdo con Chugnas (2019), “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 establecidos” (p. 43). Así mismo, estas señales tienen como propósito de reglamentar, prevenir e informar al usuario de la vía, sobre la utilización en diferentes lugares ya sea de forma especial, permanente o temporal. se clasifican en 3 grupos:

- **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.
- **Señales de prevención:** Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.
- **Señales de información:** Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros.

2.2.5.2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL O MARCAS EN EL PAVIMENTO

Está constituida por las marcas realizadas en los pavimento o demarcaciones y son de forma plana 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 (Chugnas, 2019). Además, 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.

Por otro lado, Las marcas planas en el pavimento están constituidas por 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.

Se emplean para delimitar carriles y calzadas, indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril, zonas con prohibición de estacionamiento; delimitar carriles de uso exclusivo para determinados tipos de vehículos tales como carriles exclusivos para el tránsito de bicicletas, motocicletas, buses y otros.

2.2.5.3. SEGURIDAD VIAL

La seguridad vial se refiere a que una carretera debe de garantizar que un usuario realice su desplazamiento sin sufrir ningún percance. Sin embargo, esto no se cumple haciendo que el binomio carretero – accidente sea cada vez más difícil de resolver, puesto que existen muchas características que deben de ser resueltas (Chugnas, 2019).

Así mismo, la seguridad en las carreteras en nuestros días es algunos de los grandes retos, debido a que en las zonas urbanas y zonas rurales y a todo lugar donde existe un vehículo necesitamos que este sea seguro y garantice el bienestar de las personas como la seguridad peatonal, además esta se encuentra ligada a la educación social; la corresponde con la educación de la ciudadanía, la misma que depende de los hábitos, de las conductas, etc. Entonces la seguridad vial tiene una relación estrecha con el sistema social, es por eso que para que la seguridad funcione es indispensable que las personas actúen de forma coordinada como por ejemplo peatones con vehículos (Pico et al., 2011).

2.2.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS ACCIDENTES

Existen diversos factores que son determinantes en los siniestros de vehículos sin embargo los más importantes son tres: humano, vehicular y vía.

2.2.6.1. FACTOR HUMANO.

Se hace presente, puesto que la mayoría de accidentes de acuerdo con datos estadísticos se corroboran que en la gran mayoría de los accidentes se desencadenan por un fallo humano. Por lo tanto, el comportamiento del conductor al volante depende de un gran número de factores permanentes y transitorios, de entre los cuales destaca el alcohol por su capital importancia en los accidentes: en más de la mitad de los accidentes mortales se ve involucrado el volátil elemento.

2.2.6.2. FACTOR MÁQUINA.

Este factor de manera general no suele ser común una causa fundamental en la generación de los accidentes sin embargo debe de recibir un adecuado mantenimiento antes de emprender un largo viaje. Pero, entre los accidentes que se les atribuye a los vehículos se encuentra los pinchazos, reventones, rotura de la dirección, neumáticos en mal estado o los frenos desgastados.

2.2.6.3. FACTOR VÍA.

Este factor es 1 de los más importantes y está relax Senado con la profesión al respecto a la especialidad del ingeniero de carreteras y se hace presente a la hora de proyectar vías ya sea de nuevo trazo o de rehabilitación de determinados tramos que se encuentren propensos reproducir algún accidente. En este factor se encuentran algunas características desde el punto de vista de la generación de los accidentes encontrándose los siguientes:

2.2.6.4. SEGURIDAD NOMINAL Y SUSTANTIVA

Seguridad nominal: Esta referida a la condición de seguridad de un proyecto o camino existente según el grado de cumplimiento de normas, términos de referencia, órdenes, guías y procedimientos de diseño generales del organismo vial.

Seguridad sustantiva: Condición de seguridad de un proyecto o camino existente medida por el número y gravedad de los accidentes (muertos + heridos + daños) reales, o previstos, sobre la base de datos estadísticos de accidentes reales escogidos como antecedentes.

La medida de la seguridad nominal es simplemente una comparación de las dimensiones de los elementos de diseño (ancho de carril, ancho de banquetas, la distancia visual, etc.) con los criterios de diseño adoptados. Es un "Sí - No"; una característica de diseño Sí cumple, o No cumple, con los criterios o rangos mínimos. Así, los caminos proyectados y construidos para satisfacer al menos los criterios mínimos de diseño pueden denominarse "nominalmente seguros". Una excepción de diseño es aceptar una condición que no cumple con la seguridad nominal.

Las medidas cuantitativas de la seguridad sustantiva son:

- Frecuencia de choques (número de choques por kilómetro o ubicación, en un lapso especificado).
- Tipo de choque (salida desde la calzada, intersección, atropello peatones, etc.).
- Gravedad de los choques (muerte, lesiones, daños materiales).

El comportamiento de seguridad esperado varía con los tipos de camino y contextos. Por ejemplo, la frecuencia y otras características de los choques son diferentes para un camino de dos carriles en zona rural que en otro arterial de varios carriles en zona urbana o en un distribuidor de autopista. Hay métodos bien establecidos para caracterizar la seguridad sustantiva de un lugar.

El desempeño de seguridad sustantiva de un camino no siempre se corresponde directamente con su nivel de seguridad nominal. No es raro que un camino sea nominalmente seguro (todos los elementos de diseño cumplen los criterios estándares), y sustantivamente inseguro. Análogamente, algunos caminos nominalmente peligrosos (uno o más

elementos de diseño no cumplen los criterios de diseño) funcionan según un nivel elevado de seguridad sustantiva. Hay muchas razones para esta aparente paradoja; una es que los criterios suelen basarse en una amplia aplicación de suposiciones, conjeturas y modelos simplificados.

2.2.6.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS ACCIDENTES

Los choques no se distribuyen uniformemente a lo largo de los caminos, aun en los de la misma clasificación funcional (arteriales, colectores, locales). Tienden a arracimarse en sitios donde el nivel de riesgo es mayor que en las zonas circundantes. Desde hace muchos años se conoce el fenómeno, y hay considerable evidencia de que su identificación y tratamiento con contramedidas ingenieriles puede ser muy rentable; el potencial de reducción de choques con simples medidas remediadoras de bajo costo en lugares peligrosos es particularmente alto. Con relación al espacio de aplicación de los mejoramientos, se tienen:

- Medidas sistemáticas y generales, para atender a los choques al azar.
- Medidas para mejorar los lugares que registran agrupamiento de accidentes, choques sistemáticos.

Los choques pueden deberse a mantenimiento deficiente: por ejemplo, superficie lisa del camino o señales deterioradas o semáforos que no funcionan. A menudo el mejoramiento de estas deficiencias cuesta poco y produce enormes beneficios en términos de seguridad. Y recíprocamente, el descuido de un mantenimiento eficiente es causa de serios riesgos. En los lugares donde a pesar de un mantenimiento eficiente se concentran y repitan los choques, la deducción lógica es que se deben a errores de proyecto y construcción del propio camino, los cuales son más costosos de remediar.

2.2.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico constituye un proceso técnico mediante el cual se obtiene información precisa sobre la localización de puntos en la superficie terrestre, tanto en el plano horizontal como vertical. Esta actividad es fundamental para el diseño, ejecución y supervisión de obras civiles, agrícolas y urbanas, ya que proporciona los datos necesarios para representar fielmente las características del terreno (Chávez, 2019).

Dependiendo de la finalidad y los métodos utilizados, los levantamientos topográficos pueden clasificarse en varios tipos. En primer lugar, se encuentra el levantamiento planimétrico, cuyo objetivo es ubicar puntos sobre el plano horizontal sin considerar sus cotas de elevación. Este tipo es común en trabajos de parcelación y delimitación de predios. Por otro lado, el levantamiento altimétrico o nivelación busca conocer las diferencias de altura entre diversos puntos del terreno, siendo ampliamente empleado en proyectos que requieren análisis de pendientes y drenaje (Wolf & Ghilani, 2012).

Cuando se integran ambos enfoques —el horizontal y el vertical—, se realiza un levantamiento topográfico completo, el cual permite generar representaciones tridimensionales del terreno, facilitando una planificación más detallada (Ghilani, 2017).

Asimismo, el levantamiento catastral tiene como finalidad el registro de propiedades, considerando sus límites, áreas, edificaciones y usos. Este tipo de levantamiento es esencial para fines legales y administrativos, especialmente en procesos de regularización de la propiedad y tributación (Ariza, 2014).

Finalmente, el avance de la tecnología ha permitido el uso de sistemas de posicionamiento global en el levantamiento GNSS, los cuales proporcionan coordenadas geográficas precisas mediante satélites. Este método es

valorado por su eficiencia y alta precisión, incluso en zonas de difícil acceso (Leick et al., 2015).

2.2.7.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR EL MÉTODO DE ESTACIÓN LIBRE (O TRISECCIÓN)

El método de estación libre, también conocido como trisección, es una técnica topográfica utilizada para determinar la ubicación precisa de un punto desconocido sin necesidad de ocupar un punto previamente conocido o marcado en el terreno. Esta metodología se basa en la observación de ángulos horizontales y distancias hacia tres o más puntos cuyas coordenadas ya se conocen, permitiendo calcular la posición del instrumento a través de procedimientos de intersección inversa (Wolf & Ghilani, 2012).

Este método es especialmente útil cuando no es posible instalar el equipo topográfico en estaciones predeterminadas, como en terrenos accidentados o de difícil acceso. La estación libre ofrece mayor flexibilidad en campo, ya que el operador puede ubicarse estratégicamente en cualquier punto desde el cual se tenga visibilidad hacia los puntos conocidos (Chávez, 2019). A partir de las mediciones tomadas, el software de la estación total o el procesamiento posterior en gabinete permite calcular con precisión las coordenadas del nuevo punto de observación.

La principal ventaja de este procedimiento radica en su eficiencia operativa, ya que reduce el tiempo de instalación de estaciones y mejora la productividad sin sacrificar la precisión de los resultados. No obstante, para garantizar resultados confiables, es fundamental que los puntos de referencia estén bien distribuidos espacialmente y correctamente georreferenciados (Ghilani, 2017).

2.2.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Accidente de tránsito: Es un evento no intencional que ocurre en la vía pública, en el cual se ve involucrado al menos un vehículo en movimiento, y que puede causar daños a personas, bienes materiales o al entorno. La ocurrencia de estos eventos suele estar asociada a errores humanos, fallas mecánicas o deficiencias en la infraestructura vial (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2015).

Áreas o Vías de Acceso Restringido: Esta referido a algunos tramos o partes de la carretera en las que las autoridades competentes han implementado normas y ciertas restricciones de acceso al tráfico y a los transportistas para impedir temas exteriores negativos que generan las actividades que se relacionan a los transportistas (DG-2018, 2018).

Atropello: Se refiere al impacto de un vehículo contra un peatón. Es una de las formas más graves de accidente debido a la alta vulnerabilidad del peatón frente al vehículo en movimiento. Frecuentemente ocurre en zonas urbanas o en cruces sin semáforos ni señalización adecuada (OMS, 2015).

Barrera de seguridad vial: Sistema de contención de vehículos instalados en los márgenes o en el separador central de la carretera y en los bordes de los puentes.

Berma: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la 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 emergencia.

Caída de pasajeros: Este tipo de accidente ocurre cuando un pasajero cae dentro o fuera del vehículo en movimiento, ya sea por frenadas bruscas, mala conducción, exceso de velocidad o ausencia de medidas de seguridad adecuadas. Es común en el transporte público urbano (INEI, 2019).

Calzada: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta

Camino: Es un espacio de terreno destinado a que los automóviles circulen, incluidos las personas y los animales (DG-2018, 2018).

Capacidad vial: Máximo número de vehículos que puede circular por una vía sin que se degrade el nivel de servicio.

Carretera: Es un camino construido para que transiten los vehículos, que tienen como mínimo dos ejes, y tienen características geométricas bien marcadas,

siguiendo la normatividad vigente de cada estado, las mismas que incluye los derechos de las carreteras (DG-2018, 2018).

Choque: Es el tipo de accidente más común, y se refiere al impacto entre dos o más vehículos, o entre un vehículo y un objeto fijo (como postes, muros o barreras). Puede clasificarse en colisión frontal, lateral o por alcance, dependiendo de la dirección y el punto de contacto (DGT, 2020).

Clasificador de Rutas: Es un documento de forma oficial que lo ha emitido el ente encargado en este caso el MTC en el que se encuentran todas las carreteras existentes y las que están en proyectos, las mismas se dividen en nacionales, departamentales y las locales o rurales (DG-2018, 2018).

Colisión múltiple: Se presenta cuando intervienen tres o más vehículos en un mismo evento de choque, común en vías rápidas o carreteras, especialmente en condiciones de poca visibilidad o frenado repentino.

Conductor: Persona que tiene el control físico de un vehículo en movimiento, ya sea motorizado o no motorizado. El comportamiento del conductor es una de las principales variables humanas en la siniestralidad vial, influyendo factores como la velocidad, la atención, la fatiga, el consumo de alcohol o drogas, y el respeto por las normas de tránsito (DGT, 2020).

Curva cerrada: Por su alta exigencia dinámica y radio inferior a 400 m, su accidentabilidad es superior a la de la recta. Si coincide con una pendiente pronunciada, esta probabilidad aumentará.

Derecho de Vía: Es una faja de tierra de longitud que varía en su sección transversa, comprendida desde la carretera, algunas obras complementarias, algunos servicios, algunas áreas para que en futuro se realicen obras y mejoras en las mismas, para garantizar que las obras sean seguras (DG-2018, 2018).

Despiste: Se produce cuando un vehículo sale de la calzada de forma involuntaria, generalmente por pérdida de control, exceso de velocidad o condiciones adversas de la vía (curvas cerradas, calzadas resbaladizas, entre otros). El despiste puede o no terminar en un choque o volcadura (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Diseño geométrico vial: Consiste en la planificación y disposición física de los elementos de una vía (curvas, pendientes, intersecciones, carriles), considerando factores de seguridad, comodidad y eficiencia. Un diseño deficiente puede convertirse en factor de riesgo y aumentar la ocurrencia siniestros (Chávez, 2018).

Eje de la carretera: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

Ejes Longitudinales: Comprende todas las vías que recorren el país de manera longitudinal desde el norte al sur (DG-2018, 2018).

Ejes Transversales: Son aquellas que penetran a los ejes longitudinales, en otras palabras, unen la costa del con las otras regiones del país (DG-2018, 2018).

Estudio de tráfico: Es una evaluación sistemática del comportamiento del tránsito en una zona específica, considerando aspectos como volumen vehicular, velocidad, flujo peatonal, capacidad vial, entre otros. Es fundamental para la toma de decisiones en infraestructura, señalización y gestión del transporte (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Factores ambientales: Condiciones climáticas y del entorno (lluvia, niebla, iluminación) que pueden afectar la visibilidad y adherencia de los vehículos a la vía. (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Factor de riesgo vial: Son las condiciones o elementos que incrementan la probabilidad de ocurrencia de un accidente de tránsito. Estos factores pueden ser humanos (como el exceso de velocidad o la conducción bajo efectos del alcohol), vehiculares (fallas mecánicas), o del entorno (deficiencia en la señalización, iluminación, diseño de la vía, etc.) (OMS, 2015).

Flujo de tránsito: Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

Índice de peligrosidad: Es un indicador que relaciona la frecuencia de accidentes con la gravedad de sus consecuencias. Generalmente se calcula como la relación entre el número de víctimas (mortales o heridas) y la cantidad de accidentes ocurridos en un determinado punto o tramo (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Impacto con animal: Aunque menos frecuente, es un tipo de accidente que se da por la presencia de animales domésticos o silvestres en la vía, generando riesgos tanto para los conductores como para los peatones.

Intensidad: Los accidentes tienden a disminuir a medida que aumenta la intensidad del tráfico.

Nivel de servicio (LOS): Medida cualitativa del funcionamiento de una vía, relacionada con el confort, velocidad y densidad del flujo vehicular.

Peatón: Es toda persona que se desplaza a pie por la vía pública, incluyendo a quienes empujan cochecitos de bebé, conducen sillas de ruedas manuales o llevan objetos a mano. Su vulnerabilidad ante el tránsito vehicular los convierte en actores prioritarios en el análisis de la seguridad vial (OMS, 2015).

Punto Negro: Un punto negro de accidente de tránsito es un tramo específico de una vía o intersección donde se registra una concentración anormalmente alta de accidentes de tráfico en un periodo determinado. Estos puntos se caracterizan por tener una frecuencia y gravedad de siniestros superior al promedio de otras zonas similares, lo cual indica la existencia de factores de riesgo recurrentes que afectan la seguridad vial (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2015).

Rampas: Esta característica se da por la presencia de rampas y la incapacidad de los vehículos ligeros para percibir las lo que conlleva a colisiones y la mayoría de estos accidentes ocurren en autopistas y autovías.

Red Vial: Es el grupo de vías perteneciente a la clasificación que realizó el sistema nacional de carreteras (DG-2018, 2018).

Ruta: Es camino que tiene características definidas como está determinado entre dos puntos, tiene origen, e itinerarios y destinos totalmente identificados (DG-2018, 2018).

Registro Nacional de Carreteras (RENAC): Es un mecanismo oficial donde se encuentran inscritas las carreteras conformantes del SINAC (TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2007).

Sección transversal: Separación efectiva de los sentidos de las condiciones del tráfico, el número y tipo de accidentes depende de la separación de la vía.

Seguridad vial: Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

Señalización vial: Dispositivos que se colocan en la vía, con la finalidad de prevenir e informar a los usuarios y regular el tránsito, a efecto de contribuir con la seguridad del usuario.

SINAC: Sistema Nacional de Carreteras.

Siniestralidad vial: Hace referencia al conjunto de accidentes de tránsito que se registran en un área geográfica determinada o en una vía específica durante un periodo de tiempo. Se analiza a través de indicadores como la frecuencia, la

gravedad de los siniestros, y el número de víctimas fatales o lesionadas (DGT, 2020).

Sobreancho: Ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

Superficie de la carretera o pavimento: Es el material superficial permanente que sostiene el tráfico peatonal y vehicular de una vía o camino.

Tasa de accidentes: Es la relación entre el número de accidentes registrados y el volumen de tráfico (vehículos por día o por año) que circula por una vía. Se expresa comúnmente como accidentes por millón de vehículos-kilómetro, lo que permite normalizar los datos para comparaciones más objetivas (INEI, 2019).

Tramo de concentración de accidentes (TCA): Es una porción continua de una vía en la que el número de accidentes supera de forma significativa el promedio esperado en tramos similares. El análisis de los TCA permite establecer prioridades para la intervención de infraestructura o medidas de seguridad vial (Dirección General de Tráfico [DGT], 2020).

Transito: Hace referencia al movimiento ordenado de peatones, vehículos y animales por las vías públicas. Su regulación implica normas, señales y estructuras que buscan optimizar la fluidez del desplazamiento y minimizar los riesgos de accidentes (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Vehículos: Se refiere a cualquier medio de transporte que circula por la vía pública, incluyendo automóviles, motocicletas, camiones, autobuses, bicicletas, entre otros. Los vehículos se clasifican por su tamaño, tipo de motor y función, son variable determinante en el diseño vial y el análisis de tráfico (INEI, 2019).

Velocidad: Conducir a alta velocidad afectará la gravedad de los accidentes, pero no la frecuencia de los mismos.

Vía: Camino, arteria o calle (TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2007).

Volcadura: Consiste en el giro o vuelco total o parcial del vehículo sobre su eje, que puede deberse a un despiste, maniobras bruscas, exceso de carga o velocidad. Este tipo de accidente es particularmente peligroso debido al alto riesgo de lesiones graves o mortales para los ocupantes (INEI, 2019)

3. CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se realizó en el departamento de Cajamarca, en la carretera interprovincial que une esta ciudad con la ciudad de Cajabamba. Partiendo de la ciudad de Cajamarca, se logra pasar por los distritos de Llacanora, Namora, Matara (en la provincia de Cajamarca), Pedro Gálvez, Ichocán, Chancay, Eduardo Villanueva (en la provincia de San Marcos), y Condebamba y Cajabamaba (en la provincia de Cajabamba).

La carretera en estudio comprende desde el Km. 1152+600 ubicado en la ciudad de Cajabamba hasta el Km. 1267+458 comprensión de la ciudad de Cajamarca.

3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA DEL TRAMO DE ESTUDIO

La ubicación política del tramo de estudio, en este caso carretera hace referencia a los límites geográficos de la vía dentro de una determinada área administrativa o política, como un país, estado, provincia o municipio. También implica las entidades gubernamentales encargadas de su gestión, mantenimiento y regulación, que pueden ser locales, regionales o nacionales. Si una carretera atraviesa varias zonas, su ubicación política puede abarcar distintas jurisdicciones, lo que significa que cada una de esas áreas podría tener responsabilidad sobre la vía.

La Ruta 3N, que conecta Cajamarca con Cajabamba, está ubicada en el departamento de Cajamarca, en el norte de Perú. Esta carretera forma parte de la Red Vial Nacional, lo que significa que su gestión depende del gobierno central a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

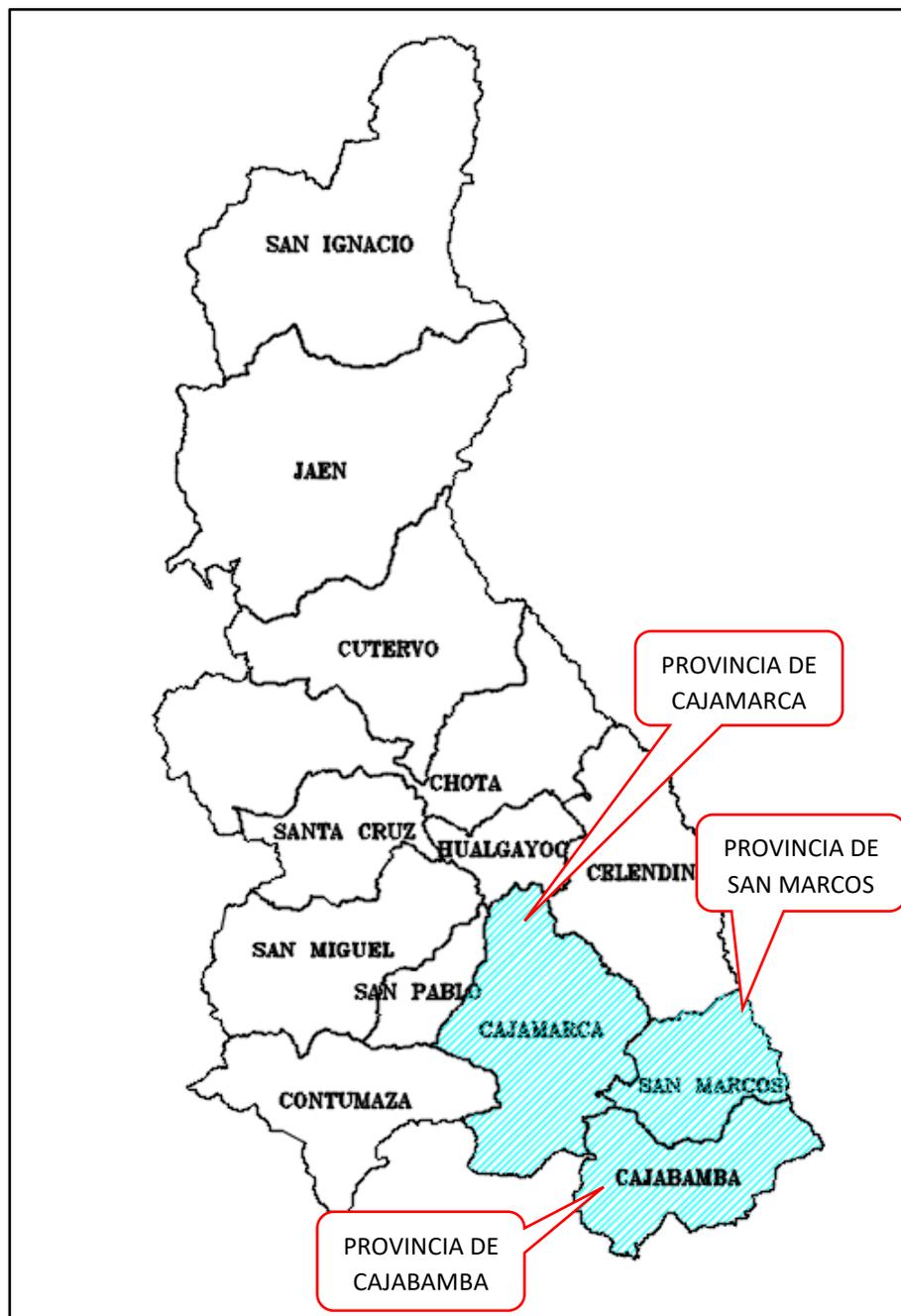
País	: Perú
Región	: Cajamarca
Provincias	: * Cajamarca * San Marcos * Cajabamba
Distritos	: Cajamarca, Llacanora, Namora, Matara, San Marcos, Ichocán, Chancay, Eduardo Villanueva, Condebamba y Cajabamaba.
Carretera	: Interprovincial 3N.

Figura 3. 1: Ubicación del departamento de Cajamarca en el mapa del Perú.



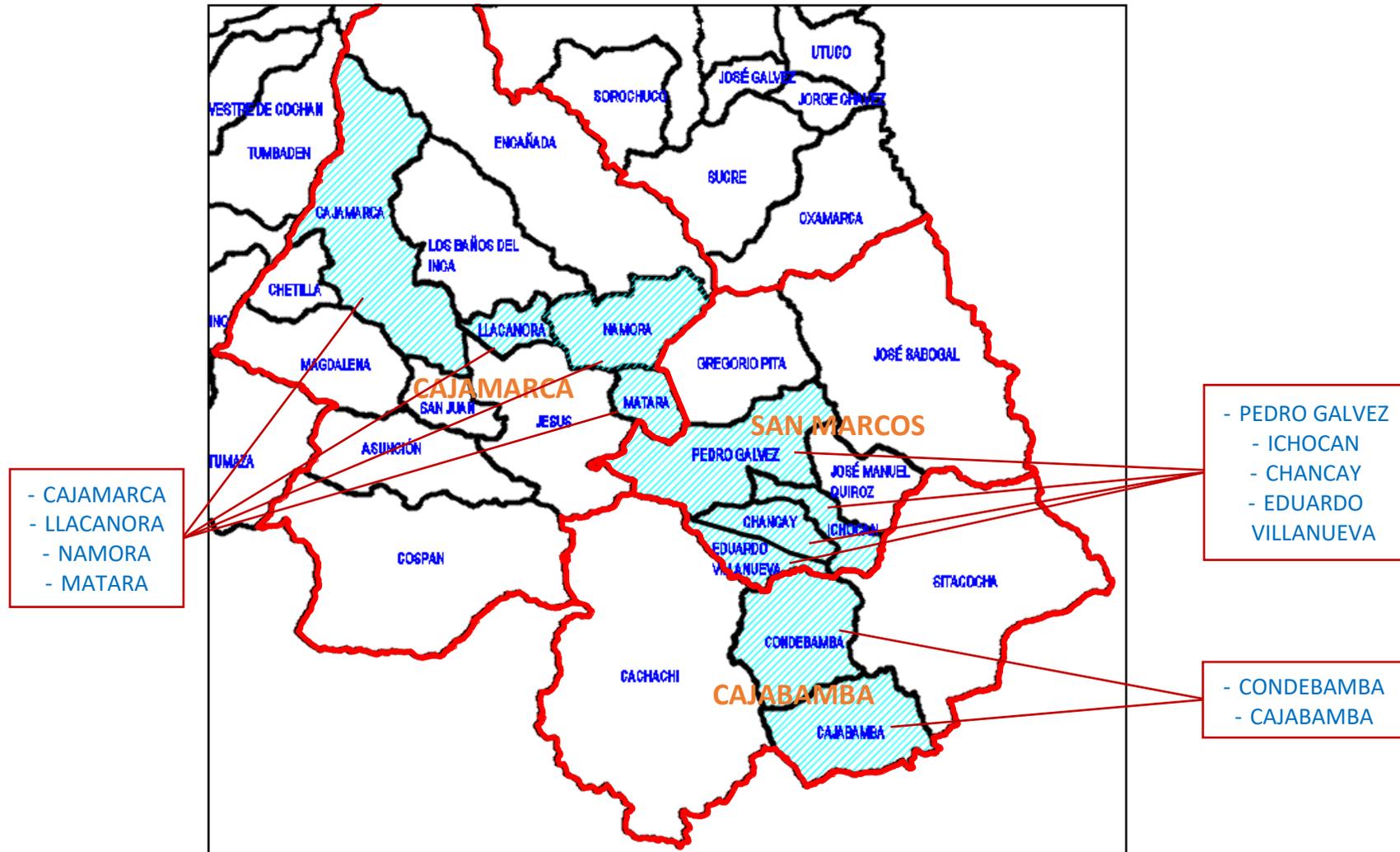
Nota: INEI.

Figura 3. 2: Ubicación de las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba en el mapa de Cajamarca.



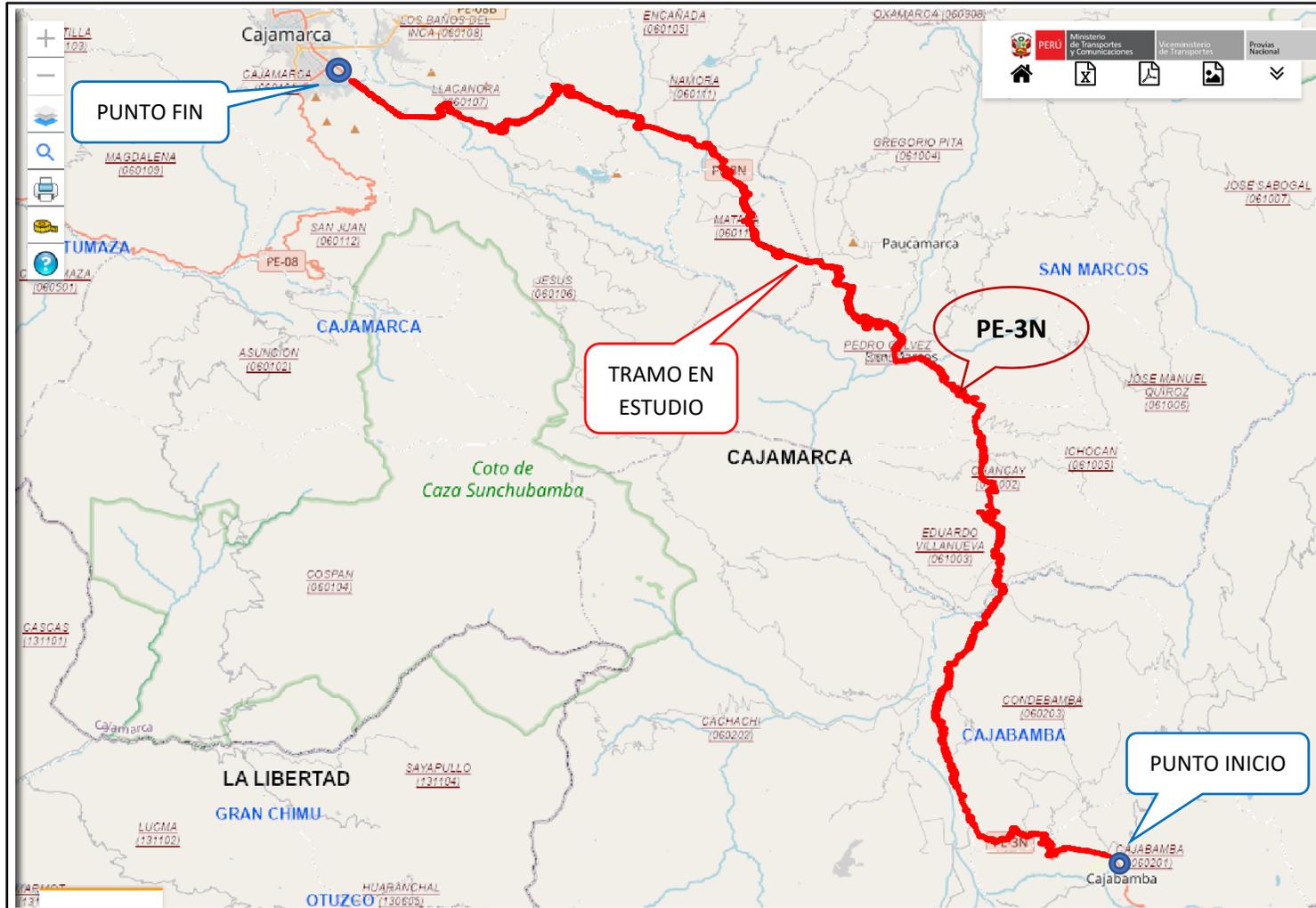
Nota: Instituto Geográfico Nacional.

Figura 3. 3: Ubicación de los distritos en el mapa de cada provincia.



Nota: Instituto Geográfico Nacional.

Figura 3. 4: Ubicación de la vía Cajamarca-Cajabamba Km. 1152+600 al Km. 1267+458.



Nota: Elaboración Propia

3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La carretera que une Cajabamba con Cajamarca se encuentra en el norte de Perú, dentro de la región de Cajamarca:

Cajabamba: Esta ciudad se encuentra al sur de Cajamarca, aproximadamente a unos 115 km de distancia por carretera. La capital de la provincia de Cajabamba, que lleva el mismo nombre se encuentra situada a una altitud de unos 2,654.12 metros sobre el nivel del mar.

Cajamarca: Esta ciudad es la capital de la provincia de Cajamarca y se encuentra al norte de Cajabamba, con una altitud de aproximada de 2,743.28 metros sobre el nivel del mar.

La red vial que une o sirve de comunicación entre ambas localidades es principalmente una ruta montañosa que atraviesa la región andina. Esta carretera conecta ambas capitales de las provincias con el mismo nombre, y atraviesa exuberantes paisajes montañosos, el extenso valle de Condebamba, y su curso sigue o se ajusta a los pequeños ríos y comunidades rurales presentes en ambas regiones.

Tabla 3. 1 Coordenadas UTM WGS 84 zona 17M del punto inicial y final del tramo de vía en estudio.

TRAMO	COORDENADAS		RANGO ALTITUDINAL
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
PUNTO INICIAL CAJABAMBA	824543.378 m	9157516.624 m	2654.12 msnm
PUNTO FINAL CAJAMARCA	778457.403 m	9205134.986 m	2743.28 msnm

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3. 2: Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984) del punto inicial y final del tramo de vía en estudio.

TRAMO	COORDENADAS		RANGO ALTITUDINAL
	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
PUNTO INICIAL CAJABAMBA	7° 36' 42.338" S	72° 3' 32.077" W	2654.12 msnm
PUNTO FINAL CAJAMARCA	7° 11' 2.691" S	72° 28' 43.316" W	2743.28 msnm

Nota: Elaboración propia.

Los lugares más importantes que comunica este eje vial son:

- ✓ Cajamarca – Cajabamba.
- ✓ Cajamarca – San Marcos.
- ✓ La Grama – Pte. Crisnejas
- ✓ San Marcos – Cajabamba.
- ✓ Cajamarca – Llacanora.
- ✓ Llacanora – Namora.
- ✓ Namora – Matara.

3.2. POBLACIÓN, MUESTRA, UNIDAD DE ANÁLISIS Y UNIDAD DE OBSERVACIÓN

- **Población:** Está representado por los puntos negros de accidentes de tránsito existentes en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca.
- **Muestra:** La muestra es del tipo no probabilístico, puesto que se eligió por conveniencia, además estará conformada por las zonas identificadas como puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca.

La ruta elegida es de vital importancia para la circulación de vehículos de transporte público de pasajeros, transporte particular de pasajeros, además de vehículos de carga que circulan de la ciudad de Cajamarca hacia la ciudad de Cajabamba, esta misma ruta conecta a las ciudades norteñas de la región La Libertad, se hace referencia que por la misma vía circulan vehículos de distintas empresas mineras que se han establecido en esta región de Cajamarca y la región de La Libertad, esto conlleva al tránsito continuo de camiones en convoy, así mismo vehículos de carga ancha que transportan maquinarias de elevado tonelaje.

Los criterios utilizados para definir la muestra fueron:

- **Selección Temporal:** Se podría elegir un intervalo de tiempo específico (en nuestro caso los últimos 2 años) para el análisis.
- **Accidentes Relevantes:** Se podrían seleccionar los accidentes ocurridos en los tramos con mayor concentración de siniestros o aquellos que hayan sido más graves (accidentes graves y fatales).
- **Muestreo Aleatorio o Estratificado:** Si se optara por un muestreo aleatorio, se seleccionaría una muestra representativa de los accidentes ocurridos, cubriendo diferentes tipos de accidentes (colisiones, atropellos, etc.). En un muestreo estratificado, se podrían analizar diferentes grupos, como el tipo de accidente, las condiciones climáticas o las características de los tramos de la carretera.

La muestra es lo suficientemente grande que garantiza que los resultados sean representativos y permitan identificar patrones relevantes, así como evaluar la influencia de los diferentes factores en la ocurrencia de los accidentes.

- **Unidad de Análisis:** Está compuesta por los accidentes de tránsito ocurridos en la red vial departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, durante los años 2023 y 2024. Los datos a considerar incluyen la fecha, la ubicación de los accidentes, el tipo de accidente, el tipo de vehículo involucrado y la gravedad de los accidentes.
- **Unidad de Observación:** En la unidad de observación de esta investigación viene a ser las **características geométricas** de los diferentes puntos negros encontrados los tramos de carretera Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca.

3.3. TIEMPO O ÉPOCA DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El **tiempo o época** para llevar a cabo la investigación dependió directamente de los objetivos y el enfoque del estudio. A continuación, se presentan algunas consideraciones para definir el periodo de análisis:

Periodo Temporal: El tiempo en el que se analizó los accidentes de tránsito estuvo determinado por varios factores, como la disponibilidad de datos y las condiciones de la carretera. Algunas opciones para definir el periodo fueron:

Últimos 2 años: Un periodo de 2 años es una opción común para obtener una muestra suficiente de accidentes, lo que permitió identificar patrones y tendencias. Además, facilitó el análisis de factores que pudieron haber cambiado durante ese tiempo.

- **Año Específico:** Si el interés está en un evento concreto, como el incremento de accidentes en los años 2023 y 2024, se tuvieron que analizar estos años.

Contexto Temporal: En algunos casos, fue importante considerar ciertos eventos o factores externos que habrían influido en los accidentes de tránsito, tales como:

- **Modificaciones en la Infraestructura Vial:** Si se han realizado mejoras en la carretera Cajamarca - Cajabamba, como la instalación de nueva señalización, el estudio se centró en el periodo posterior a esas modificaciones para evaluar su impacto.
- **Factores Socioeconómicos o Pandémicos:** Elementos como una crisis económica o situaciones excepcionales como la pandemia de COVID-19 también fueron aspectos que alteraron los patrones de tráfico y los accidentes, lo que fue relevante tener en cuenta al seleccionar el periodo de análisis.

Esta investigación se apertura a inicios del año 2023, el cual se fue recolectando la información en el año 2024, se recolectaron los datos para ser trabajados y procesados en gabinete, evaluando los diferentes puntos negros que causaron los accidentes de tránsito en los tramos de carretera Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, esto proporcionó una cantidad suficiente de datos para un análisis detallado y representativo, sin olvidar posibles cambios en la infraestructura o eventos que puedan haber influido en los patrones de accidentes.

3.4. MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Los materiales, equipos e instrumentos utilizados en la investigación será el análisis documental, puesto que es un proceso de revisión que es realizado para obtener datos del contenido de dichos documentos existentes en archivos de la Policía Nacional del Perú y en los hospitales aledaño, etc., esta información será neta y estrictamente relacionada a los accidentes suscitados en el tramo especificado anteriormente. Así mismo, estos datos son obtenidos de fuentes primarias y los cuales permiten presentar dichos resultados para concluir el estudio previsto.

- **Equipos Topográficos Utilizados:** Se utilizaron diferentes equipos topográficos como es:
 - ✓ Estación total
 - ✓ Prisma
 - ✓ GPS navegador
 - ✓ Radios
 - ✓ Eclímetro
 - ✓ Cámara Fotográfica
 - ✓ Computadora

Tabla 3. 3: Equipos Topográficos utilizados

Estación Total	Estación Total Leica TS06, que se utilizó para realizar el levantamiento topográfico de la sección de los puntos negros de accidentes de tránsito de la red vial de estudio.	
-----------------------	--	---

<p>Prisma</p>	<p>Se utilizó para realizar la radiación de puntos topográficos con la estación total</p>	
<p>GPS navegador</p>	<p>GPS navegador Garmin. Que se utilizó para sacar las coordenadas para estacionar con la estación total y realizar los levantamientos topográficos.</p>	
<p>Radios</p>	<p>Estos equipos se utilizaron para la comunicación en el levantamiento topográfico, entre el topógrafo y el prismo.</p>	
<p>Eclímetro</p>	<p>Con este equipo logramos determinar las pendientes de la carretera</p>	
<p>Cámara fotográfica.</p>	<p>Se utilizó la cámara fotográfica de un celular, para tomar fotografías como evidencia de los puntos negros de accidentes de tránsito.</p>	
<p>Computadora</p>	<p>Se utilizó para trabajar los datos extraídos de la estación total y realizar los planos que se presentaran en los anexos.</p>	

Nota: Elaboración propia.

- **Materiales Utilizados:** Se utilizaron diferentes materiales tales como:
 - ✓ Marcador Spray
 - ✓ Marcador del tipo Tizas
 - ✓ Libreta de campo y lapicero para registrar la información, etc.

Tabla 3. 4: Materiales utilizados.

Marcador Spray	Se utilizó para señalar y enumerar las progresivas en los puntos negros, además se usó para la marcación de puntos de estación, entre otras actividades en campo.	
Marcador de tipo tiza	Se utilización para la demarcación de los puntos negros encontrados, delimitación y demarcación de los mismos.	
Libreta Topográfica y Lapicero	Se utilización para registrar anotaciones en campo y graficar algunos esquemas que sirvieron para el trabajo de gabinete.	

Nota: Elaboración propia.

- **Instrumentos Utilizados:** Se utilizaron diferentes formatos tales como:
 - ✓ Formato de registro de información de accidentes de tránsito.
 - ✓ Formato para el conteo de vehículos.

3.5. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Para este tipo de investigaciones como es una tesis que identifique y evalúe los puntos negros de accidentes de tránsito, y la reducción de la ocurrencia de accidentes con la propuesta de mejora, es importante definir las variables y cómo se van a medir.

3.5.1. VARIABLES

- **Variable Independiente**

Características de diseño: está definido como los elementos y parámetros pertenecientes a la vía.

- **Variable Dependiente**

Puntos negros: está conceptualmente definido por los puntos negros de accidentes de tránsito que se han identificado en la vía de estudio.

3.5.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para estudiar si la identificación y evaluación de puntos negros de accidentes, así como la propuesta de medidas de solución para la reducción de accidentes, se verificó la variable dependiente referente a los criterios de identificación y evaluación de puntos negros de accidentes. Asimismo, se realizó la medición de la variable independiente referente a los elementos y parámetros de diseño geométrico que conforman la vía, obteniendo valores que han sido analizados para proponer las medidas de solución respecto a la reducción de accidentes de tránsito.

Estas variables y su operacionalización nos permitirán realizar un análisis detallado de cómo la identificación de puntos negros en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, y la propuesta de medidas de solución, reducen la ocurrencia de accidentes de tránsito.

Tabla 3. 5: Operacionalización de variables

"IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA VÍA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA – LA GRAMA – PTE. CRISNEJAS – SAN MARCOS – MATARA – LLACANORA – CAJAMARCA – DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"					
Hipótesis	Definición conceptual de las variables/categorías	Definición operacional de las variables/categorías			
		Variables/ categorías	Dimensiones/ factores	Indicadores/ cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos
La identificación y evaluación de puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N, trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, y la propuesta de medidas de mejora disminuyen la ocurrencia de accidentes de tránsito.	Existen factores de diversa naturaleza, que influyen en diferente grado en el diseño de una carretera. No siempre es posible considerarlos explícitamente en una norma en la justa proporción que les puede corresponder. Por eso, en cada proyecto será necesario examinar la especial relevancia que pueda adquirir, a fin de aplicar correctamente los criterios (Huamancayo, 2012)	Variable independiente: Características de diseño	Dimensión de los elementos y parámetros de la vía	Radio de curvatura	Medición
				Velocidad de operación	Medición
				Peraltes	Medición
				Ancho de calzada	Medición
		Variable dependiente: Puntos negros	Comparación de los criterios de la metodología del “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14	Índice de peligrosidad	Comparación
				Sumatoria de accidentes con víctimas	Comparación

Nota: Elaboración Propia

Tabla 3. 6: Matriz de Consistencia

"IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA VÍA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA – LA GRAMA – PTE. CRISNEJAS – SAN MARCOS – MATARA – LLACANORA – CAJAMARCA – DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"										
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Definición conceptual de las variables/categorías	Definición operacional de las variables/categorías						
				Variables/categorías	Dimensiones/ factores	Indicadores/ cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra	
¿Cuáles son los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N, trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca?	Identificar y evaluar los puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba - La Grama - Pte. Crisnejas - San Marcos - Matara - Llacanora - Cajamarca- Departamento de Cajamarca.	La identificación y evaluación de puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N, trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, y la propuesta de medidas de mejora disminuyen la ocurrencia de accidentes de tránsito.	Existen factores de diversa naturaleza, que influyen en diferente grado en el diseño de una carretera. No siempre es posible considerarlos explícitamente en una norma en la justa proporción que les puede corresponder. Por eso, en cada proyecto será necesario examinar la especial relevancia que pueda adquirir, a fin de aplicar correctamente los criterios (Huamancayo, 2012)	Variable independiente: Características de diseño	Dimensión de los elementos y parámetros de la vía	Radio de curvatura	Medición	Tipo de investigación: Aplicada	Población: Está representado por los puntos negros de accidentes de tránsito existentes en la vía	
						Velocidad de operación	Medición			Nivel: Explicativo
						Peraltes	Medición			Diseño: no Experimental
						Ancho de calzada	Medición			Técnica de recolección de datos: observación directa.
				Variable dependiente: Puntos negros	Comparación de los criterios de la metodología del "Manual de Seguridad Vial" R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14	Índice de peligrosidad	Comparación	Instrumentos: Análisis documental, fichas de recolección, hojas de registro		
						Sumatoria de accidentes con víctimas	Comparación			

Nota: Elaboración Propia.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES

La metodología de identificación de puntos negros de accidentes de tránsito ha sido adaptada del “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14.

El procedimiento para la identificación de puntos negros de accidentes de tránsito, se describe a continuación:

3.6.1.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se realizó la recopilación de información proporcionado por el Frente Policial Cajamarca - Unidad de Prevención e Investigación de Accidentes de Tránsito (UPIAT), oficina encargada del registro de accidentes de tránsito especialmente aquellos con víctimas mortales, la información recaudada corresponde a los accidentes de tránsito ocurridos en los años 2023 y 2024 en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca.

Tabla 3. 7: Reporte de Accidentes de Tránsito en la Ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – Cajamarca

N°	FECHA	UBICACIÓN	PROGRESIVA (KM)	REFERENCIA	TIPO DE ACCIDENTE	VEHÍCULO(S) INVOLUCRADO(S)	FALLECIDOS	HERIDOS
1	03/06/2024	CAJABAMBA	1155.00	Mirador Virgen del Rosario	Despiste	Moto carguera	1	0
2	22/10/2023	CAJABAMBA	1167.00	Pomabamba	Choque	Moto lineal / Moto carguera	0	2
3	05/08/2024	CAJABAMBA	1173.00	Chaquicocha	Despiste	Moto lineal	1	0
4	24/08/2023	CAJABAMBA	1178.00	IIEE Inicial de Oso	Choque	Moto lineal / Camión	2	1
5	01/06/2023	CAJABAMBA	1180.00	El Huayo	Despiste	Minivan	0	2
6	15/09/2023	CAJABAMBA	1180.00	El Huayo	Despiste	Moto lineal	0	1
7	01/03/2024	CAJABAMBA	1180.00	El Huayo	Volcadura	Moto carguera	1	1
8	09/11/2024	SAN MARCOS	1222.00	San Marcos	Choque	Camioneta / Moto lineal	1	0
9	07/09/2024	SAN MARCOS	1222.00	San Marcos	Despiste	Moto lineal	1	0
10	25/11/2024	NAMORA	1252.00	Sulluscocha	Choque	Automóvil / Camión	3	3
11	28/12/2024	NAMORA	1252.00	Sulluscocha	Choque	Camioneta / Moto lineal	1	0
12	09/05/2023	LLACANORA	1261.00	Distribuidora Norte Pacasmayo	Choque	Automóvil / Combi	1	3
13	19/06/2023	CAJAMARCA	1266.00	Cerca grifo Acuario	Despiste	Automóvil	0	1

3.6.1.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

El estudio del tráfico es una medición básica y de vital importancia para realizar la identificación de los puntos negros de accidentes de tránsito.

La información del aforo vehicular se obtendrá mediante el Índice Medio Diario Anual (IMDA) por el tiempo de una semana, donde se obtendrá el volumen del tráfico diario registrado por tipo de vehículo en tramos de la red vial, será estudiada durante un tiempo de 7 días.

- **Procedimiento:** Se estableció dos estaciones para la realización de toma de datos con la finalidad de determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDA), se opta estos puntos porque son los puntos de inicio en la vía de estudio, y están ubicados a la salida de Cajabamba y a la salida de Cajamarca. Así mismo, se ha establecido que los datos encontrados pertenecen al presente año 2025.
- **Datos del conteo vehicular:** Se realizó el conteo vehicular de la vía en estudio, en dos puntos a la salida de Cajamarca hacia la provincia de Cajabamba y en la salida de esta última hacia la primera. por un tiempo de 7 días, para el año 2025, se ha obtenido haciendo uso de la formula correspondiente.

De manera análoga se puede determinar el IMDA en relación a los índices de variación mensual propuestos por el MTC, en el caso de esta investigación se planteó la comprobación con un factor de corrección estacional de 1, en la siguiente formula:

$$IMDA = FC \times IMDS \dots \dots \dots \text{Ecuación 23}$$

Donde:

IMDA: Índice medio diario anual.

FC: Factor de corrección estacional.

IMDS: Índice medio diario semanal

Los datos del IMDA se encuentran en las siguientes tablas:

Tabla 3. 8: IMDA punto en Cajamarca año 2025.

Día	Sentido	Camioneta Pick UP	Camión 2 Ejes	Camión 3 Ejes	T2S1 (Semi remolque simple)	C2R1(Remolque simple)	Bus	Auto	Combi	Total
D	C - I	201	102	91	61	52	204	126	115	952
	C - D	196	97	86	59	59	196	131	110	934
	Sub Total	397	199	177	120	111	400	257	225	1886
L	C - I	194	90	101	58	62	208	103	108	924
	C - D	204	95	87	52	56	201	110	101	906
	Sub Total	398	185	188	110	118	409	213	209	1830
M	C - I	178	91	93	60	62	196	91	104	875
	C - D	192	87	85	56	58	195	100	94	867
	Sub Total	370	178	178	116	120	391	191	198	1742
M	C - I	179	87	82	60	68	189	113	111	889
	C - D	185	89	90	58	59	206	115	105	907
	Sub Total	364	176	172	118	127	395	228	216	1796
J	C - I	194	99	103	62	70	214	109	105	956
	C - D	200	93	101	58	62	193	110	87	904
	Sub Total	394	192	204	120	132	407	219	192	1860
V	C - I	192	95	91	60	59	206	99	109	911
	C - D	181	89	85	66	62	193	113	107	896
	Sub Total	373	184	176	126	121	399	212	216	1807
S	C - I	111	98	102	63	64	193	119	114	864
	C - D	198	112	98	65	73	206	116	119	987
	Sub Total	309	210	200	128	137	399	235	233	1851

Nota: Elaboración propia (2025).

Donde:

C - I: Carril Izquierdo.

C - D: Carril Derecho.

Tabla 3. 9: IMDA punto en Cajabamba año 2025

Día	Sentido	Camioneta Pick UP	Camión 2 Ejes	Camión 3 Ejes	T2S1 (Semi remolque simple)	C2R1(Remolque simple)	Bus	Auto	Combi	Total
D	C - I	214	98	92	64	58	204	112	111	953
	C - D	200	95	99	65	63	208	103	97	930
	Sub Total	414	193	191	129	121	412	215	208	1883
L	C - I	204	93	87	59	54	199	107	106	909
	C - D	190	89	94	60	58	203	98	97	889
	Sub Total	394	182	181	119	112	402	205	203	1798
M	C - I	186	100	91	59	59	193	120	102	910
	C - D	198	99	98	63	68	207	110	96	939

	Sub Total	384	199	189	122	127	400	230	198	1849
M	C - I	191	103	91	60	66	204	98	108	921
	C - D	134	105	96	68	68	222	107	103	903
	Sub Total	325	208	187	128	134	426	205	211	1824
J	C - I	207	104	95	61	54	201	104	105	931
	C - D	198	101	92	58	62	184	100	91	886
	Sub Total	405	205	187	119	116	385	204	196	1817
V	C - I	208	105	96	62	55	202	105	106	939
	C - D	199	102	93	59	63	185	101	92	894
	Sub Total	407	207	189	121	118	387	206	198	1833
S	C - I	208	107	105	64	56	216	113	96	965
	C - D	191	88	93	66	58	196	117	95	904
	Sub Total	399	195	198	130	114	412	230	191	1869

Nota: Elaboración propia (2025).

Donde:

C - I: Carril Izquierdo.

C - D: Carril Derecho.

➤ Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

A partir del aforo vehicular, se puede obtener el resumen del promedio semanal por cada punto, y luego el cálculo del índice medio diario anual (IMDA) o tránsito promedio diario anual (TPDA) como se muestra en la tabla 4.1, el aforo vehicular de una semana entonces procedemos al cálculo con la ayuda de la siguiente ecuación.

$$IMDA = \frac{5VDL+VS+VD}{7} * FC \dots\dots\dots Ecuación 24$$

Donde:

- IMDA = Índice Medio Diario Anual
- VDL = Promedio de vol. de tránsito de días laborables
- VS = Volumen de tránsito día sábado
- VD = Volumen de tránsito día domingo
- F.C. = Factor de corrección

Con los datos determinados en campo reemplazamos en la fórmula para encontrar el Índice Medio diario Anual de cada punto:

IMDA punto en Cajamarca año 2025

$$\text{VDL} = 1807 \text{ (promedio)}$$

$$\text{VS} = 1886$$

$$\text{VD} = 1851$$

$$\text{F.C.} = 1$$

$$\text{IMDA} = \frac{5(1807)+1886+1851}{7} * 1$$

$$\text{IMDA} = 1825 \text{ veh/día}$$

IMDA punto en Cajabamba año 2025

$$\text{VDL} = 1825 \text{ (promedio)}$$

$$\text{VS} = 1883$$

$$\text{VD} = 1869$$

$$\text{F.C.} = 1$$

$$\text{IMDA} = \frac{5(1825)+1883+1869}{7} * 1$$

$$\text{IMDA} = 1839 \text{ veh/día}$$

Por lo tanto, este dato encontrado o registrado pertenece a la semana evaluada en el año 2025.

Tabla 3. 10: Promedio de los puntos año 2025

Semana	Primera semana	Segunda semana	Promedio
Volumen promedio de lunes a domingo	1825	1839	1832

Nota: elaboración propia (2025).

3.6.1.3. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

A. CLASIFICACIÓN POR DEMANDA

Para clasificar la vía en estudio por su demanda, hacemos uso del valor de IMDA (Índice Medio Diario Anual), el número de carriles, ancho de la calzada y tipo de la superficie de rodadura.

➤ Datos de inspección visual:

✓ IMDA : 1832

- ✓ Número de carriles : Dos
- ✓ Ancho de la calzada : 6.6 metros
- ✓ Superficie de rodadura : Pavimento Asfáltico.

De acuerdo el manual de carreteras “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2018”: con los datos encontrados de un IMDA que oscila en el rango de 400 a 2000 Veh/día, carretera pavimentada de dos carriles y con un ancho que supera los 3 m, determinamos que la vía en estudio se la clasifica como:

“Carretera de Segunda Clase”

B. CLASIFICACION POR OROGRAFIA

Para clasificar esta red vial por su orografía se deben de tener datos precisos, los que se determinaron en campo, estos datos son la determinación de la pendiente transversal de la carretera en estudio, esto se realizó con el apoyo de un eclímetro, que se determinaron diferentes pendientes en secciones establecidas con las que se clasificara la carretera con el apoyo del Manual de Diseño Geométrico de carreteras DG-2018.

Tabla 3. 11: Clasificación de la carretera por Orografía.

Progresiva Inicial	Progresiva Final	Pendiente Transversal Existente (%)	Pendiente Longitudinal Existente (%)	Tipo de Carretera
1155+246.38	1155+388.47	15.91	5.40	Tipo II
1155+455.52	1155+514.93	7.85	2.90	Tipo I
1155+571.26	1155+618.51	14.89	3.70	Tipo II
1155+690.57	1155+826.26	5.18	2.20	Tipo I
1155+893.56	1155+957.73	13.67	3.20	Tipo II
1174+025.52	1174+099.72	4.89	2.20	Tipo I
1174+129.83	1174+214.95	18.60	3.00	Tipo II
1174+244.51	1174+296.01	12.48	3.00	Tipo II
1174+316.01	1174+364.68	8.89	2.50	Tipo I
1174+506.29	1174+543.55	7.33	2.70	Tipo I
1174+628.85	1174+723.56	5.78	2.80	Tipo I
1178+088.36	1178+190.49	2.07	1.50	Tipo I
1180+161.57	1180+259.70	21.11	4.80	Tipo II
1180+329.38	1180+431.81	9.30	2.20	Tipo I

Progresiva Inicial	Progresiva Final	Pendiente Transversal Existente (%)	Pendiente Longitudinal Existente (%)	Tipo de Carretera
1180+826.55	1180+909.68	5.33	2.10	Tipo I
1222+007.88	1222+062.91	18.89	3.20	Tipo II
1222+136.70	1222+174.76	16.67	3.00	Tipo II
1222+314.92	1222+401.05	20.00	3.30	Tipo II
1222+429.52	1222+488.96	18.65	3.70	Tipo II
1222+584.46	1222+624.81	18.89	3.50	Tipo II
1222+657.50	1222+710.61	21.04	3.90	Tipo II
1222+807.47	1222+850.18	14.44	5.25	Tipo II
1252+186.48	1252+269.97	6.22	2.10	Tipo I
1252+579.61	1252+638.41	10.67	3.25	Tipo II
1252+697.82	1252+750.49	13.87	3.90	Tipo II
1252+783.62	1252+838.62	18.89	4.25	Tipo II
1252+881.02	1252+933.05	23.10	5.35	Tipo II
1261+100.89	1261+159.34	15.11	3.01	Tipo II
1261+219.45	1261+286.49	11.36	3.70	Tipo II
1261+567.43	1261+634.93	3.62	1.80	Tipo I

Nota: Elaboración propia (2025)

Según estos datos encontrados se determina y se clasificó con las DG-2018 como una vía o carretera con orografía plana Tipo II.

3.6.1.4. CÁLCULO DE PONDERACIÓN DE ACCIDENTES

Con el fin de valorar los accidentes en base a la gravedad, se aplicó ponderaciones unitarias a los accidentes que otorguen una mayor importancia a las más graves, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3. 12: Ponderación de Accidentes

Accidentes	Ponderación
Accidentes con víctimas mortales	8
Accidentes con víctimas con heridas o lesiones graves	5
Accidentes con víctimas con heridas o lesiones leves	1

Nota: Tomado del “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14.

Tabla 3. 13: Ponderación de Accidentes en la Ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – Cajamarca

N°	FECHA	UBICACIÓN	PROGRESIVA (KM)	FALLECIDOS	HERIDOS	PONDERACIÓN FALLECIDOS	PONDERACIÓN HERIDOS	PONDERACIÓN TOTAL
1	03/06/2024	CAJABAMBA	1155.00	1	0	8	0	8
2	22/10/2023	CAJABAMBA	1167.00	0	2	0	2	2
3	05/08/2024	CAJABAMBA	1173.00	1	0	8	0	8
4	24/08/2023	CAJABAMBA	1178.00	2	1	16	5	21
5	01/06/2023	CAJABAMBA	1180.00	0	2	0	10	15
6	15/09/2023	CAJABAMBA	1180.00	0	1	0	5	
7	01/03/2024	CAJABAMBA	1180.00	1	1	8	5	13
8	09/11/2024	SAN MARCOS	1222.00	1	0	8	0	16
9	07/09/2024	SAN MARCOS	1222.00	1	0	8	0	
10	25/11/2024	NAMORA	1252.00	3	3	24	15	47
11	28/12/2024	NAMORA	1252.00	1	0	8	0	
12	09/05/2023	LLACANORA	1261.00	1	3	8	15	23
13	19/06/2023	CAJAMARCA	1266.00	0	1	0	5	5

Nota: Elaboración propia.

3.6.1.5. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IP)

Se determinó el índice de peligrosidad definida como la relación entre los accidentes ponderados y el IMD.

$$I. P. = \frac{\text{Colisiones ponderadas} \times 10^8}{\text{IMD} \times 365 \times L} \dots\dots\dots \text{Ecuación 25}$$

Donde:

$$\text{IMD} = 1832 \text{ veh/día}$$

$$L = 1 \text{ Km}$$

Para este caso, de acuerdo a los criterios de identificación propuestos en el “Manual de Seguridad Vial”, se calculó el IP_{AA} (índice de peligrosidad en el año anterior), el IP_{UA} (índice de peligrosidad en el último año) y el IP_2 (índice de peligrosidad medio de los dos últimos años).

Tabla 3. 14: Ponderación de Accidentes en la Ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – Cajamarca

N°	FECHA	UBICACIÓN	PROGRESIVA (KM)	IMD	PONDERACIÓN DE ACCIDENTES	IP_{AA}	IP_{UA}	IP_{M2}
1	03/06/2024	CAJABAMBA	1155.00	1832.00	8	0.00	1196.39	598.19
2	22/10/2023	CAJABAMBA	1167.00	1832.00	2	299.10	0.00	149.55
3	05/08/2024	CAJABAMBA	1173.00	1832.00	8	0.00	1196.39	598.19
4	24/08/2023	CAJABAMBA	1178.00	1832.00	21	3140.52	0.00	1570.26
5	01/06/2023	CAJABAMBA	1180.00	1832.00	15	2243.23	1944.13	2093.68
6	15/09/2023	CAJABAMBA			13			
7	01/03/2024	CAJABAMBA						
8	09/11/2024	SAN MARCOS	1222.00	1832.00	16	0.00	2392.77	1196.39
9	07/09/2024	SAN MARCOS						
10	25/11/2024	NAMORA	1252.00	1832.00	47	0.00	7028.77	3514.39
11	28/12/2024	NAMORA						
12	09/05/2023	LLACANORA	1261.00	1832.00	23	3439.61	0.00	1719.81
13	19/06/2023	CAJAMARCA	1266.00	1832.00	1	149.55	0.00	74.77

Nota: Elaboración propia.

En concordancia con el “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14, se evaluaron los criterios de identificación de tramos de concentración de accidentes propuestos en la siguiente tabla:

Tabla 3. 15: Criterios de Identificación de Tramos de Concentración de Accidentes

Criterios	
Criterio I	$IP_{AA} \geq P/2$ y $IP_{UA} \geq P/2$
Criterio II	$IPM_2 \geq 2P/3$
Criterio III	$SACV_{AA} \geq N/5$ y $SACV_{UA} \geq N/5$
Criterio IV	$SACV_2 \geq N/2$

Nota: Tomado del “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14.

Dónde:

- IP_{AA} : Índice medio de peligrosidad para el año anterior.
- IP_{UA} : Índice de peligrosidad para el último año.
- IPM_2 : Índice de peligrosidad para los dos últimos años.
- $SACV_{AA}$: Suma de accidentes con víctimas en el año anterior.
- $SACV_{UA}$: Suma de accidentes con víctimas en el último año.
- $SACV_2$: Suma de accidentes con víctimas de los últimos 2 años.
- P : Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico). Que se ha calculado, con los índices de peligrosidad de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.
- N : Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico). Que se ha calculado con el número de accidentes con víctimas de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.

Para determinar los valores de las constantes P y N, hacemos uso del IMD calculado anteriormente que es igual a 1700 veh/día, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 3. 16: Valores de P y N para Carreteras convencionales y vías rápidas

IMD	URBANO		INTERURBANO	
	P	N	P	N
0 - 5.000	500	10	300	8
5.000 - 10.000	200	10	200	10
> 10.000	100	15	100	15

Nota: Tomado del “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14.

De la tabla anterior obtuvimos los valores de P=300 y N=8.

Tabla 3. 17: Identificación de Tramos de Concentración de Accidentes

Nº	UBICACIÓN	PROGRESIVA (KM)	IPAA	IPUA	IPM2	P	N	SACVAA	SACVUA	SACV2	CRITERIO I	CRITERIO II	CRITERIO III	CRITERIO IV
1	CAJABAMBA	1155.00	0.00	1196.39	598.19	300	8	0	1	1	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
2	CAJABAMBA	1167.00	299.10	0.00	149.55	300	8	1	0	1	NO CUMPLE	NO CUMPE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
3	CAJABAMBA	1174.00	0.00	1196.39	598.19	300	8	0	1	1	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
4	CAJABAMBA	1178.00	3140.52	0.00	1570.26	300	8	1	0	1	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
5	CAJABAMBA	1180.00	2243.23	1944.13	2093.68	300	8	2	1	3	SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
6	SAN MARCOS	1222.00	0.00	2392.77	1196.39	300	8	0	2	2	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
7	NAMORA NAMORA	1252.00	0.00	7028.77	3514.39	300	8	0	2	2	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
8	LLACANORA	1261.00	3439.61	0.00	1719.81	300	8	1	0	1	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
9	CAJAMARCA	1266.00	149.55	0.00	74.77	300	8	1	0	1	NO CUMPLE	NO CUMPE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Nota: Elaboración propia.

3.6.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico para la recolección de información se realizó mediante el método de estación libre, ya que se utiliza frecuentemente en tramos viales extensos y con condiciones geográficas complejas, como es el caso de la **vía departamental PE-3N**, que conecta diversas localidades como **Cajabamba, La Grama, Puente Crisnejas, San Marcos, Matara, Llacanora y Cajamarca**. Este procedimiento tiene como finalidad obtener información precisa de la geometría de la vía, con el objetivo de evaluar cómo su diseño influye en la aparición de puntos críticos o zonas de alta siniestralidad.

➤ **Planificación del levantamiento**

Antes de iniciar el trabajo de campo, se realiza un estudio preliminar de la ruta utilizando cartografía oficial, imágenes satelitales y registros históricos de accidentes. Con esta información se identifican los tramos con mayor incidencia de siniestros, donde se priorizará la toma de datos topográficos. También se elabora una hoja de ruta logística, considerando los puntos de acceso, equipos necesarios y condiciones climáticas.

➤ **Instalación de la estación total en puntos libres**

A diferencia del método clásico por radiación, la estación libre permite ubicar el equipo topográfico en cualquier punto visible desde al menos dos coordenadas conocidas. Se seleccionan puntos estratégicos a lo largo del eje vial, ubicándolos en zonas elevadas o con buena visibilidad para asegurar el cubrimiento de curvas, pendientes, intersecciones y otras zonas críticas.

➤ **Orientación de la estación y cálculo de coordenadas**

Una vez instalada la estación total, se procede a orientarla mediante la medición de ángulos y distancias hacia dos o más puntos de coordenadas conocidas (trisección). Con esta información, se determina con precisión la posición de la estación, sin necesidad de haber sido instalada previamente en un punto georreferenciado.

➤ **Levantamiento del terreno y elementos viales**

Con la estación georreferenciada, se registra una densa red de puntos que incluyen el eje de la vía, los bordes de calzada, cunetas, taludes, curvas horizontales y verticales, intersecciones, señalización, muros de contención y cualquier otro elemento que influya en la conducción. Se presta especial atención a tramos con geometría deficiente, visibilidad reducida, curvas cerradas o cambios bruscos de pendiente.

➤ **Procesamiento y ajuste de datos**

Los datos recogidos fueron transferidos a software especializado (como AutoCAD Civil 3D) para realizar el procesamiento, ajuste de coordenadas y generación del modelo digital del terreno. Se obtiene así una representación tridimensional detallada de la vía, que permite analizar su geometría real.

➤ **Análisis de correlación con puntos negros**

Finalmente, el levantamiento topográfico sirve como base para superponer los registros de accidentes obtenidos de entidades como la PNP o el Ministerio de Transportes. Se identifican los segmentos viales donde la geometría coincide con altos índices de siniestralidad, lo que permite diagnosticar la incidencia de factores como radios de giro reducidos, pendientes pronunciadas, falta de visibilidad o diseño inadecuado de curvas en la aparición de puntos negros.

➤ **Importancia del método de estación libre en este contexto**

La elección del método de estación libre es particularmente adecuada para rutas extensas y montañosas como la PE-3N, ya que **no requiere la visibilidad directa entre estaciones consecutivas**, lo que facilita su implementación en zonas donde las condiciones topográficas son adversas. Además, permite una mayor flexibilidad para adaptarse a los obstáculos del terreno y a los tramos de difícil acceso, garantizando una alta precisión en la recopilación de datos.

3.6.3. VELOCIDAD DE DISEÑO DE LA CARRETERA EN ESTUDIO

Para la velocidad de diseño de la vía en estudio, se determinó de acuerdo con la Tabla 204.01 (Rangos de la velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía) del Manual de Carreteras Diseño Geométrico 2018, con los datos ya obtenidos en campo entramos a la tabla mencionada donde se verifica: se tiene a una carretera de segunda clase con una orografía del tipo ondulada, entonces, la velocidad de diseño es de **60 km/h**.

3.6.4. RADIO DE CURVATURA

De acuerdo con las características encontradas como es la velocidad de diseño para un área rural que tiene una orografía ondulada y según la Tabla 302.02 (Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras) del Manual de Carreteras Diseño Geométrico 2018, apreciamos que el radio mínimo para este tipo de carreteras es de 125.00 metros tal como se muestra en la tabla 4.04.

Tabla 3. 18: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
			máx.		
Área rural (plana u ondulada)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	50
	50	8,00	0,16	82,0	85
	60	8,00	0,15	123,2	125
	70	8,00	0,14	175,4	175
	80	8,00	0,14	229,1	230
	90	8,00	0,13	303,7	305
	100	8,00	0,12	393,7	395
	110	8,00	0,11	501,5	500
	120	8,00	0,09	667,0	670
Área rural (accidentada o escarpada)	130	8,00	0,08	831,7	835
	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
			máx.		
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540

Nota: Tomado de las DG-2018.

3.6.5. DETERMINACIÓN DEL PERALTE MÁXIMO Y MÍNIMO

De acuerdo con los datos que se tienen y según la Figura 302.03 (Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)) del Manual de Carreteras Diseño Geométrico 2018, entramos con la velocidad de diseño de 60Km/h y el Radio que es 125.00 metros, según el grafico de la mencionada imagen encontramos un peralte máximo es de 8%, así mismo se muestra o se aprecia en la Tabla 4.04.

3.6.6. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Debido a que, en la información recabada sobre accidentes de tránsito, no se tiene el kilómetro exacto donde se suscitó cada accidente, se procedió a realizar un análisis de la velocidad de operación de los vehículos en cada elemento (tramo en curva) de la vía comprendido dentro del kilómetro registrado por la UPIAT-PNP. De esta manera, se determinó el elemento (curva) con más alto nivel de riesgo, que vendría a ser el punto donde ocurrió el accidente de tránsito el mismo que ha sido identificado como punto negro de accidente de tránsito.

Para realizar este cálculo de la velocidad de operación se realizaron pruebas en vehículos ligeros, en cada curva enmarcada en el kilómetro de cada punto negro identificado. Los valores medios se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 3. 19: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1155.

TRAMO N°01 (KM. 1155)				
ELEMENTO	PROGRESIVA (KM)		LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)
	INICIO	FIN		
C1	KM. 1155+246.38	KM. 1155+388.47	142.09	68.72
C2	KM. 1155+455.52	KM. 1155+514.93	59.41	39.60
C3	KM. 1155+571.26	KM. 1155+618.51	47.25	43.93
C4	KM. 1155+690.57	KM. 1155+826.26	135.69	37.27
C5	KM. 1155+893.56	KM. 1155+957.73	64.17	55.85

En la tabla anterior se muestran las velocidades de operación calculadas in situ para cada elemento. Podemos observar que en la curva N°01, la velocidad de operación (68.72 Km/h) supera a la velocidad de diseño (60 Km/h) correspondiente para el tipo de vía existente; este valor nos indica que los vehículos tienen alto riesgo de sufrir un accidente de tránsito con consecuencias fatales. Por lo tanto, la curva N°01 se considera como el punto más crítico, en consecuencia, éste viene a ser el punto negro N°01 ubicado en el Km. 1155+246.38.

Tabla 3. 20: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1174.

TRAMO N°02 (KM. 1174)				
ELEMENTO	PROGRESIVA (KM)		LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)
	INICIO	FIN		
C1	KM. 1174+025.52	KM. 1174+099.72	74.20	64.20
C2	KM. 1174+129.83	KM. 1174+214.95	85.12	56.82
C3	KM. 1174+244.51	KM. 1174+296.01	51.50	52.82
C4	KM. 1174+316.01	KM. 1174+364.68	48.67	53.48
C5	KM. 1174+506.29	KM. 1174+543.55	37.26	61.43
C6	KM. 1174+628.85	KM. 1174+723.56	94.71	56.74

En la tabla anterior se muestran las velocidades de operación calculadas in situ para cada elemento. Podemos observar que en la curva N°01, la velocidad de operación (64.20 Km/h) supera a la velocidad de diseño (60 Km/h) correspondiente para el tipo de vía existente; este valor nos indica que los vehículos tienen alto riesgo de sufrir un accidente de tránsito con consecuencias fatales. Por lo tanto, la curva N°01 se considera como el punto más crítico, en

consecuencia, éste viene a ser el punto negro N°02 ubicado en el Km. 1174+025.52.

Tabla 3. 21: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1178.

TAMO N°03 (KM. 1178)				
ELEMENTO	PROGRESIVA (KM)		LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)
	INICIO	FIN		
C1	KM. 1178+088.36	KM. 1178+190.49	102.13	80.81

En la tabla anterior se muestran las velocidades de operación calculadas in situ para cada elemento. Podemos observar que en la curva N°01, la velocidad de operación (82.17 Km/h) supera a la velocidad de diseño (60 Km/h) correspondiente para el tipo de vía existente; este valor nos indica que los vehículos tienen alto riesgo de sufrir un accidente de tránsito con consecuencias fatales. Por lo tanto, la curva N°01 se considera como el punto más crítico, en consecuencia, éste viene a ser el punto negro N°03 ubicado en el Km. 1178+088.36.

Tabla 3. 22: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1180.

TRAMO N°04 (KM. 1180)				
ELEMENTO	PROGRESIVA (KM)		LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)
	INICIO	FIN		
C1	KM. 1180+161.57	KM. 1180+259.7	98.13	59.18
C2	KM. 1180+329.38	KM. 1180+431.81	102.43	70.40
C3	KM. 1180+826.55	KM. 1180+909.68	83.13	62.22

En la tabla anterior se muestran las velocidades de operación calculadas in situ para cada elemento. Podemos observar que en la curva N°02, la velocidad de operación (70.40 Km/h) supera a la velocidad de diseño (60 Km/h) correspondiente para el tipo de vía existente; este valor nos indica que los vehículos tienen alto riesgo de sufrir un accidente de tránsito con consecuencias fatales. Por lo tanto, la curva N°02 se considera como el punto más crítico, en consecuencia, éste viene a ser el punto negro N°04 ubicado en el Km. 1180+329.38.

Tabla 3. 23: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1222.

TRAMO N°05 (KM. 1222)				
ELEMENTO	PROGRESIVA (KM)		LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)
	INICIO	FIN		
C1	KM. 1222+007.88	KM. 1222+062.91	55.03	38.75
C2	KM. 1222+136.7	KM. 1222+174.76	38.06	41.87
C3	KM. 1222+314.92	KM. 1222+401.05	86.13	44.36
C4	KM. 1222+429.52	KM. 1222+488.96	59.44	40.73
C5	KM. 1222+584.46	KM. 1222+624.81	40.35	38.74
C6	KM. 1222+657.5	KM. 1222+710.61	53.11	44.57
C7	KM. 1222+807.47	KM. 1222+850.18	42.71	52.16

En la tabla anterior se muestran las velocidades de operación calculadas in situ para cada elemento. Podemos observar que en todas las curvas la velocidad de operación no excede la velocidad de diseño (60 Km/h); sin embargo, la curva N°07 tiene el valor de la velocidad de operación más alto, por lo tanto, la curva N°07 se considera como el punto más crítico, en consecuencia, éste viene a ser el punto negro N°05 ubicado en el Km. 1222+807.47.

Tabla 3. 24: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1252.

TRAMO N°06 (KM. 1252)				
ELEMENTO	PROGRESIVA (KM)		LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)
	INICIO	FIN		
C1	KM. 1252+186.48	KM. 1252+269.97	83.49	66.85
C2	KM. 1252+579.61	KM. 1252+638.41	58.80	57.84
C3	KM. 1252+697.82	KM. 1252+750.49	52.67	43.04
C4	KM. 1252+783.62	KM. 1252+838.62	55.00	41.06

En la tabla anterior se muestran las velocidades de operación calculadas in situ para cada elemento. Podemos observar que en la curva N°01 la velocidad de operación (66.85 Km/h) supera a la velocidad de diseño (60 Km/h) correspondiente para el tipo de vía existente; este valor nos indica que los vehículos tienen alto riesgo de sufrir un accidente de tránsito con consecuencias fatales. Por lo tanto, la curva N°01 se considera como el punto más crítico, en consecuencia, éste viene a ser el punto negro N°06 ubicado en el Km. 1252+186.48.

Tabla 3. 25: Velocidad de operación en el tramo del kilómetro 1261.

TRAMO N°07 (KM. 1261)				
ELEMENTO	PROGRESIVA (KM)		LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)
	INICIO	FIN		
C1	KM. 1261+100.89	KM. 1261+159.34	58.45	44.47
C2	KM. 1261+219.45	KM. 1261+286.49	67.04	42.57
C3	KM. 1261+567.43	KM. 1261+634.93	67.50	71.95

En la tabla anterior se muestran las velocidades de operación calculadas in situ para cada elemento. Podemos observar que en la curva N°03, la velocidad de operación (71.95 Km/h) supera a la velocidad de diseño (60 Km/h) correspondiente para el tipo de vía existente; este valor nos indica que los vehículos tienen alto riesgo de sufrir un accidente de tránsito con consecuencias fatales. Por lo tanto, la curva N°03 se considera como el punto más crítico, en consecuencia, éste viene a ser el punto negro N°07 ubicado en el Km. 1261+567.43.

3.6.7. RADIOS MINIMOS

Se realizó la verificación de los radios de curvatura existentes, en función a los radios mínimos correspondientes en concordancia con la velocidad de diseño.

Tabla 3. 26: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1155.

TRAMO N°01 (KM. 1155)						
ELEMENTO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	P _{máx.}	f _{máx.}	RADIO (m)	RADIO MÍNIMO (m)	VERIFICACIÓN
C1	60	0.08	0.15	130.00	123.25	SATISFACE
C2	60	0.08	0.15	22.00	20.00	SATISFACE
C3	60	0.08	0.15	70.00	123.25	NO SATISFACE
C4	60	0.08	0.15	44.00	20.00	SATISFACE
C5	60	0.08	0.15	130.00	123.25	SATISFACE

En la tabla anterior se muestran los radios de curvatura existentes. Podemos observar que en la curva N°01 el radio existente (70m) es menor al radio mínimo (123.25m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 27: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1174.

TRAMO N°02 (KM. 1174)						
ELEMENTO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	P _{máx.}	f _{máx.}	RADIO (m)	RADIO MÍNIMO (m)	VERIFICACIÓN
C1	60	0.08	0.15	105.00	123.25	NO SATISFACE
C2	60	0.08	0.15	150.00	123.25	SATISFACE
C3	60	0.08	0.15	90.00	123.25	NO SATISFACE
C4	60	0.08	0.15	80.00	123.25	NO SATISFACE
C5	60	0.08	0.15	150.00	123.25	SATISFACE
C6	60	0.08	0.15	130.00	123.25	SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran los radios de curvatura existentes. Podemos observar que en las curvas N°01, 03 y 04 el radio existente es menor al radio mínimo (123.25m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 28: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1178.

TAMO N°03 (KM. 1178)						
ELEMENTO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	P _{máx.}	f _{máx.}	RADIO (m)	RADIO MÍNIMO (m)	VERIFICACIÓN
C1	60	0.08	0.15	180.00	123.25	SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran los radios de curvatura existentes. Podemos observar que en la curva N°01 el radio existente es mayor al radio mínimo (123.25m), lo cual satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 29: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1180.

TRAMO N°04 (KM. 1180)						
ELEMENTO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	P _{máx.}	f _{máx.}	RADIO (m)	RADIO MÍNIMO (m)	VERIFICACIÓN
C1	60	0.08	0.15	180.00	123.25	SATISFACE
C2	60	0.08	0.15	100.00	123.25	NO SATISFACE
C3	60	0.08	0.15	220.00	123.25	SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran los radios de curvatura existentes. Podemos observar que en la curva N°02 el radio existente (100m) es menor al radio mínimo (123.25m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 30: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1222.

TRAMO N°05 (KM. 1222)						
ELEMENTO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	P _{máx.}	f _{máx.}	RADIO (m)	RADIO MÍNIMO (m)	VERIFICACIÓN
C1	60	0.08	0.15	50.00	123.25	NO SATISFACE
C2	60	0.08	0.15	60.00	123.25	NO SATISFACE
C3	60	0.08	0.15	75.00	123.25	NO SATISFACE
C4	60	0.08	0.15	60.00	123.25	NO SATISFACE
C5	60	0.08	0.15	50.00	123.25	NO SATISFACE
C6	60	0.08	0.15	70.00	123.25	NO SATISFACE
C7	60	0.08	0.15	80.00	123.25	NO SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran los radios de curvatura existentes. Podemos observar que en todos los elementos de curva el radio existente es menor al radio mínimo (123.25m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 31: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1252.

TRAMO N°06 (KM. 1252)						
ELEMENTO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	P _{máx.}	f _{máx.}	RADIO (m)	RADIO MÍNIMO (m)	VERIFICACIÓN
C1	60	0.08	0.15	350.00	123.25	SATISFACE
C2	60	0.08	0.15	130.00	123.25	SATISFACE
C3	60	0.08	0.15	65.00	123.25	NO SATISFACE
C4	60	0.08	0.15	65.00	123.25	NO SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran los radios de curvatura existentes. Podemos observar que en las curvas N°03 y 04 el radio existente es menor al radio mínimo (123.25m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 32: Radios mínimos en el tramo del kilómetro 1261.

TRAMO N°07 (KM. 1261)						
ELEMENTO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	P _{máx.}	f _{máx.}	RADIO (m)	RADIO MÍNIMO (m)	VERIFICACIÓN
C1	60	0.08	0.15	65.00	123.25	NO SATISFACE
C2	60	0.08	0.15	60.00	123.25	NO SATISFACE
C3	60	0.08	0.15	170.00	123.25	SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran los radios de curvatura existentes. Podemos observar que en las curvas N°01 y 02 el radio existente es menor al radio mínimo (123.25m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Por otro lado, de acuerdo con el trabajo de campo realizado, se verificó que los vehículos no transitan a la velocidad de diseño más bien lo realizan de acuerdo con la velocidad de operación, por lo tanto, se verificó también si los radios de curvatura existentes están acordes con la velocidad de operación. Para esto se utilizó la siguiente formula.

$$R = \frac{v^2}{127(P+f)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 26}$$

Donde:

R = Radio de curvatura.

V = Velocidad de operación calculada.

P = Peralte en la curva existente.

f = Coeficiente de fricción transversal ($f=0.15$).

Los valores de radio de curvatura calculados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 3. 33: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1155.

TRAMO N°01 (KM. 1155)				
ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)	VERIFICACIÓN
C1	68.72	161.68	130.00	NO SATISFACE
C2	39.60	53.69	22.00	NO SATISFACE
C3	43.93	79.99	70.00	NO SATISFACE
C4	37.27	47.56	44.00	NO SATISFACE
C5	55.85	129.25	130.00	SATISFACE

En la tabla anterior podemos observar que únicamente en la curva N°05, el radio de curvatura existente (130m) es mayor al radio de curvatura calculado (129.25m), lo cual satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 34: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1174.

TRAMO N°02 (KM. 1174)				
ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)	VERIFICACIÓN
C1	64.20	141.10	105.00	NO SATISFACE
C2	56.82	145.27	150.00	SATISFACE
C3	52.82	115.61	90.00	NO SATISFACE
C4	53.48	112.59	80.00	NO SATISFACE
C5	61.43	156.40	150.00	NO SATISFACE
C6	56.74	126.77	130.00	SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que únicamente en las curvas N°02 y 06, el radio de curvatura existente es mayor al radio de curvatura calculado, lo cual satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 35: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1178.

TAMO N°03 (KM. 1178)				
ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)	VERIFICACIÓN
C1	82.63	256.00	180.00	NO SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que en la curva N°01, el radio de curvatura existente (180m) es menor al radio de curvatura calculado (256m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 36: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1180.

TRAMO N°04 (KM. 1180)				
ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)	VERIFICACIÓN
C1	59.18	137.88	180.00	SATISFACE
C2	70.40	177.40	100.00	NO SATISFACE
C3	62.22	160.45	220.00	SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que únicamente en la curva N°02, el radio de curvatura existente (100m) es menor al radio de curvatura calculado (177.40m), lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 37: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1222.

TRAMO N°05 (KM. 1222)				
ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)	VERIFICACIÓN
C1	38.75	53.73	50.00	NO SATISFACE
C2	41.87	62.75	60.00	NO SATISFACE
C3	44.36	73.77	75.00	SATISFACE
C4	40.73	62.20	60.00	NO SATISFACE
C5	38.74	53.71	50.00	NO SATISFACE
C6	44.57	71.10	70.00	NO SATISFACE
C7	52.16	93.13	80.00	NO SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que únicamente en la curva N°03, el radio de curvatura existente (75m) es mayor al radio de curvatura calculado (73.77m), lo cual satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 38: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1252.

TRAMO N°06 (KM. 1252)				
ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)	VERIFICACIÓN
C1	66.85	207.00	350.00	SATISFACE
C2	57.84	125.44	130.00	SATISFACE
C3	43.04	63.41	65.00	SATISFACE
C4	41.06	57.73	65.00	SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que, en todos los elementos de curva, el radio de curvatura existente es mayor al radio de curvatura calculado, lo cual satisface los parámetros de las DG-2018.

Tabla 3. 39: Radios existentes en el tramo del kilómetro 1261.

TRAMO N°07 (KM. 1261)				
ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)	VERIFICACIÓN
C1	44.47	67.71	65.00	NO SATISFACE
C2	42.57	62.04	60.00	NO SATISFACE
C3	71.95	194.08	170.00	NO SATISFACE

Nota: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que, en todos los elementos de curva, el radio de curvatura existente es menor al radio de curvatura calculado, lo cual no satisface los parámetros de las DG-2018.

3.6.8. DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO

Se realizó una inspección visual en los puntos negros identificados, para identificar los dispositivos de control de tránsito existentes, encontrándose señales del tipo verticales y horizontales, además de barreras de seguridad (guardavías). En señales de tránsito verticales se identificaron señales preventivas y reglamentarias, así mismo, en señalización horizontal se identificaron demarcadores, tachas reflectivas y delineadores. Las barreras de seguridad encontradas son de tipo semirrígidas me material metálico.

4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se han identificado siete (07) puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. 1: Puntos Negros Identificados y Evaluados.

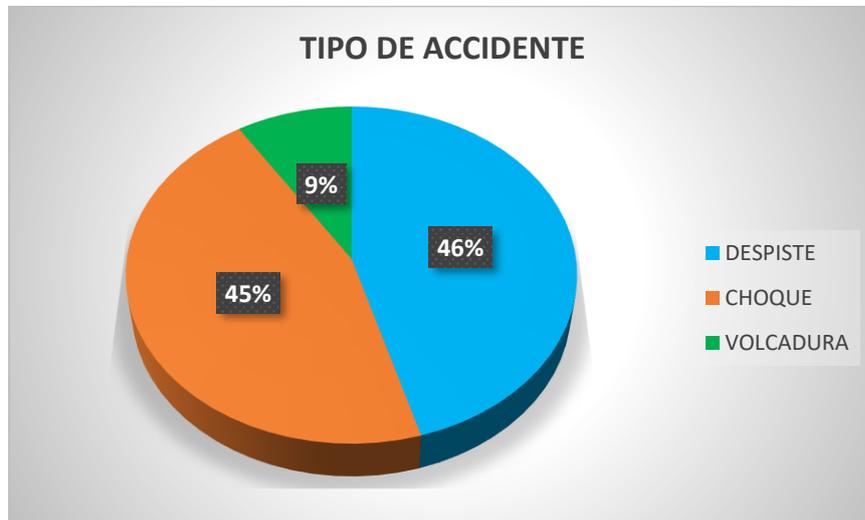
PUNTO N°	UBICACIÓN	PROGRESIVA (KM)		TIPO DE ACCIDENTE			VEHÍCULO(S) INVOLUCRADO(S)					FALLECIDOS	HERIDOS	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (Km/h)	RADIO CALCULADO (m)	RADIO EXISTENTE (m)
		INICIO	FIN	DESPISTE	CHOQUE	VOLCADURA	MOTO	AUTOMOVIL	COMBI	CAMIONETA	CAMIÓN					
1	CAJABAMBA	1155+246.38	1155+388.47	1			1					1	0	68.72	161.68	130.00
2	CAJABAMBA	1174+025.52	1174+099.72	1			1					1	0	64.20	141.10	105.00
3	CAJABAMBA	1178+088.36	1178+190.49		1		1			1	2	1	81.86	251.27	180.00	
4	CAJABAMBA	1180+329.38	1180+431.81	2		1	2		1		1	4	70.40	177.40	100.00	
5	SAN MARCOS	1222+807.47	1222+850.18	1	1		2		1		2	0	52.16	93.13	80.00	
6	NAMORA	1252+186.48	1252+269.97		2		1	1		1	1	4	3	66.85	207.00	350.00
7	LLACANORA	1261+567.43	1261+634.93		1			1	1		1	3	71.95	194.08	170.00	

Nota: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Análisis e Interpretación de Resultados

Figura 4. 1: Tipo de Accidentes Registrados en los Puntos Negros Identificados

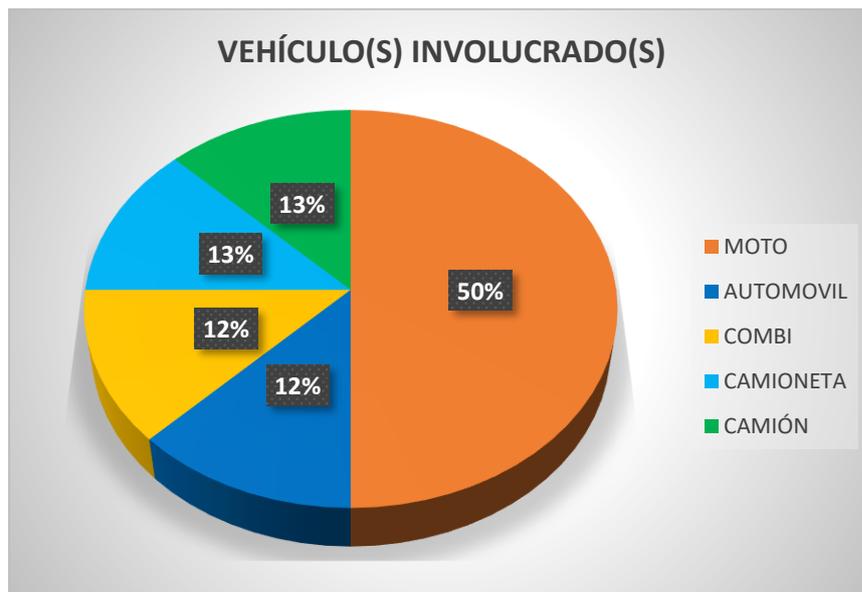


Nota: Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que los tipos de accidentes que predominan en los puntos negros identificados son: despiste (46%) y choque (45%).

Estos datos concuerdan con la información publicada por la SUTRAN en el “REPORTE ESTADÍSTICO DE SINIESTROS VIALES 2022”, donde indica que los tipos de accidentes más frecuentes en el Perú son: choque (47%) y despiste (47%).

Figura 4. 2: Tipo de Vehículos Involucrados en los Puntos Negros Identificados

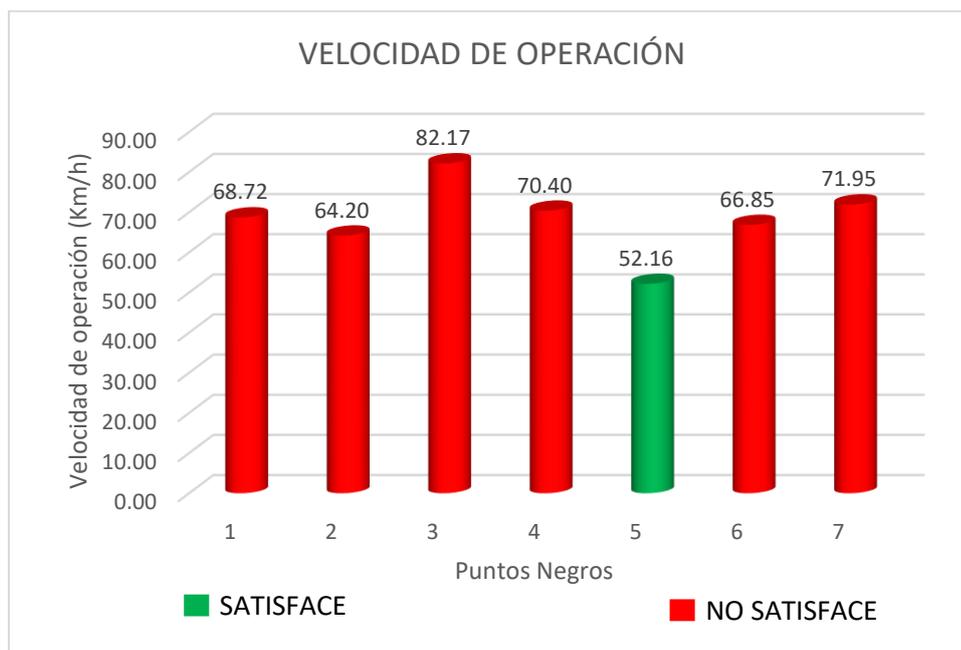


Nota: Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar que el tipo de vehículo involucrado predominante en los accidentes de tránsito en los puntos negros identificados es moto lineal (50%).

Estos datos se contrastan con la información publicada por la SUTRAN en el “REPORTE ESTADÍSTICO DE SINIESTROS VIALES 2022”, donde indica que los tipos de vehículos involucrados en accidentes más frecuentes en el Perú son: auto y pick up.

Figura 4. 3: Velocidad de Operación en los Puntos Negros Identificados

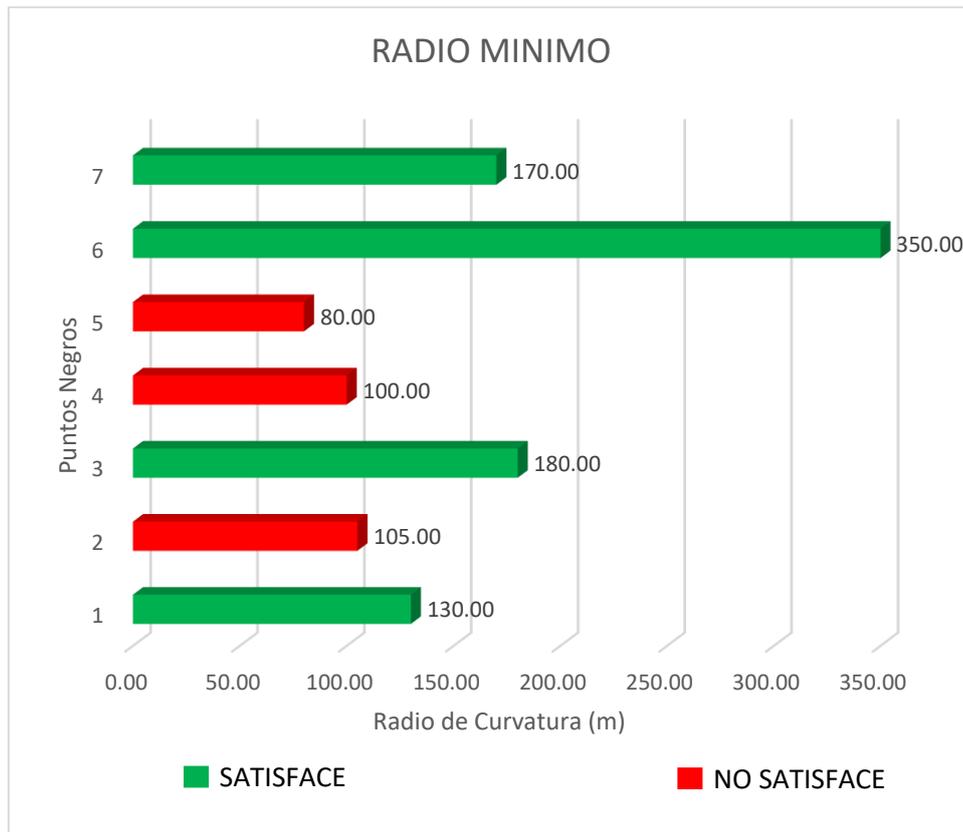


Nota: Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que, a excepción del punto negro N°05, en los demás puntos negros identificados, la velocidad de operación supera la velocidad de diseño de 60Km/h. En términos porcentuales se tiene que en 85.71% de los puntos negros identificados, la velocidad de operación no satisface las condiciones de diseño según las DG-2018.

Este factor se relaciona con la información brindada por la Policía Nacional del Perú al Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV) del MTC, en el año 2023, donde se registraron 87 172 accidentes de tránsito, de los cuales el 28.1% fue a causa de la imprudencia del conductor, 26.4% por exceso de velocidad.

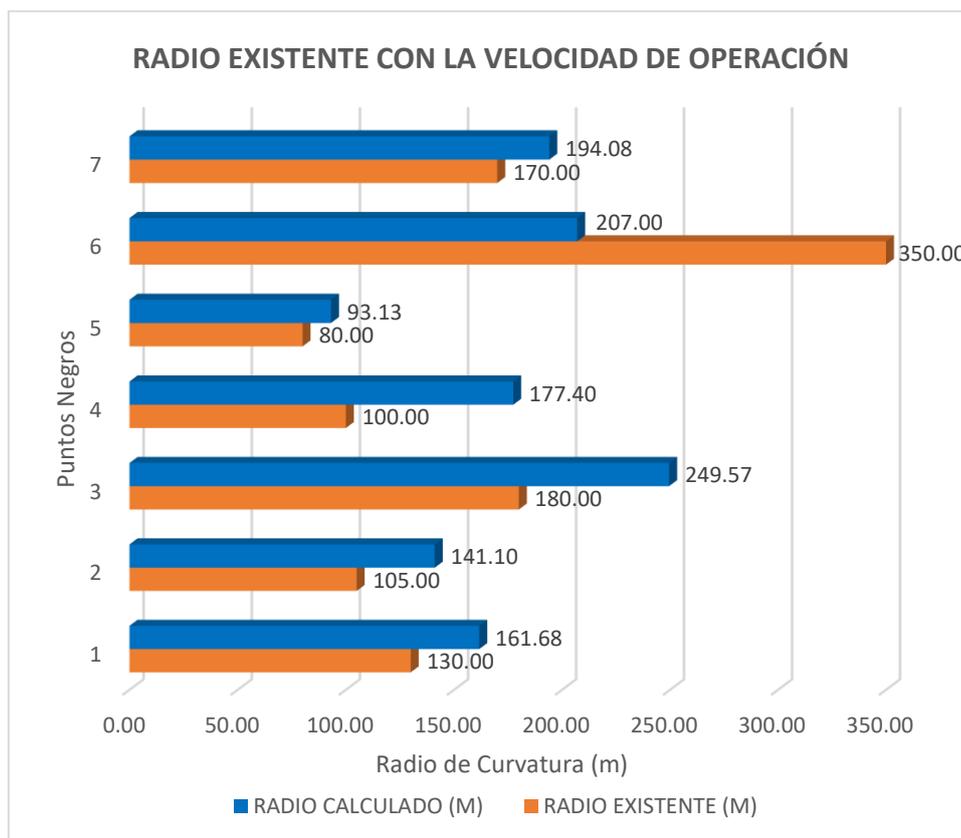
Figura 4. 4: Radios Mínimos en los Puntos Negros Identificados



Nota: Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar que, en los puntos negros N°02, 04 y 05 no se cumple con el radio mínimo de 125m para el tipo de vía y velocidad de diseño correspondiente. En términos porcentuales se tiene que en 42.86% de los puntos negros identificados, el radio mínimo no satisface las condiciones de diseño según las DG-2018.

Figura 4. 5: Radios Existentes con la Vop. en los Puntos Negros Identificados



Nota: Elaboración propia.

En la figura anterior podemos apreciar que, únicamente en el punto negro N°06 el radio calculado con la velocidad de operación es mayor que el radio existente, en los demás casos no se cumple la condición. En términos porcentuales se tiene que en 85.71% de los puntos negros identificados, el radio existente es menor que el radio calculado con la velocidad de operación, por lo tanto, no satisface las condiciones de diseño según las DG-2018.

Por otro lado, luego de la inspección visual de dispositivos de control de tránsito en los puntos negros, se identificaron señales del tipo verticales (señales preventivas y reglamentarias) y horizontales (demarcadores, tachas reflectivas y delineadores), además de barreras de seguridad (guardavías) de tipo semirrígidas de material metálico.

4.2.2. Discusión de Resultados

De acuerdo al objetivo general de la presente tesis que es la identificación y evaluación de los puntos negros de accidentes de tránsito.

1. Se identificaron siete (07) puntos negros de accidentes de tránsito en vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca.
2. En la evaluación de la velocidad de operación, se tiene un 85.71% de no cumplimiento de la velocidad de operación respecto a la velocidad de diseño, por lo que podemos apreciar que la vía está sujeta un alto nivel de ocurrencia de accidentes con siniestros.
3. En la evaluación del radio mínimo, se tiene un 42.86% de no cumplimiento del radio existente con el radio mínimo de diseño, por lo tanto, en este porcentaje la vía no cumple con las características geométricas de acuerdo a los parámetros de las DG-2018.
4. En la evaluación del radio existente, se tiene un 85.71% de no cumplimiento del radio existente con el radio calculado con la velocidad de operación, por lo tanto, se eleva el no cumplimiento de las características geométricas de acuerdo a los parámetros de las DG-2018. Esto nos indica también que los vehículos que circulan en la vía están en riesgo de sufrir accidentes de tránsito.
5. Por otro lado, referente a los dispositivos de control identificados en los puntos negros, no se han encontrado dispositivos de reducción de velocidad ni señalización del tipo informativa que pueda alertar al conductor la presencia de una zona de riesgos de accidentes. En este sentido, el “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14, nos indica que se pueden aplicar algunas medidas para la reducción del riesgo de ocurrencia de accidentes, relacionados al tipo de accidente, exceso de velocidad y con elementos de infraestructura vial.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la hipótesis implicada, de acuerdo a los resultados se identificaron siete (07) puntos negros, en los cuales, según análisis, se tiene un 85.71% de incumplimiento de la velocidad máxima de operación, además, el 42.86% no cumple con el radio mínimo, asimismo, se tiene un 85.71% de incumplimiento del radio existente respecto al radio calculado con la velocidad de operación. Por lo tanto, la vía no cumple a cabalidad con los parámetros de diseño exigidos en las DG-2018, lo que lo convierte en una vía con alto riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito. Por otro lado, de acuerdo al “Manual de Seguridad Vial” se pueden formular medida de mejora principalmente respecto al cumplimiento de la velocidad de operación, con esto se reduce el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito. Estos resultados son concluyentes, y se confirma la hipótesis.

4.4. FORMULACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA

Realizada la identificación y evaluación de los puntos negros de accidentes tránsito en la vía Cajamarca – Cajabamba, donde se encontraron factores respecto al diseño geométrico como la velocidad de diseño y radios mínimos, los cuales no están dentro de los parámetros recomendados en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018, por otro lado, falta complementar los dispositivos de control de tránsito existentes.

En concordancia con el “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14 y el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito, se proponen algunas medidas de mejora para la reducción del riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito.

Tabla 4. 2: Propuesta de Mejora para la Reducción de Ocurrencia de Accidentes.

PUNTO N°	KM		OBEJTIVO	ESTRATEGIA
	INICIO	FIN		
1	1155+246.38	1155+388.47	Reducción de velocidad	Instalar bandas transversales de alerta
			Informar al conductor la presencia de puntos negros	Implementar señalización vertical de precaución
2	1174+025.52	1174+099.72	Reducción de velocidad	Instalar bandas transversales de alerta
			Informar al conductor la presencia de puntos negros	Implementar señalización vertical de precaución
3	1178+088.36	1178+190.49	Reducción de velocidad	Instalar bandas transversales de alerta
			Informar al conductor la presencia de puntos negros	Implementar señalización vertical de precaución
			Reducir la severidad de accidentes	Implementar barreras de seguridad semirrígidas
4	1180+329.38	1180+431.81	Reducción de velocidad	Instalar bandas transversales de alerta
			Informar al conductor la presencia de puntos negros	Implementar señalización vertical de precaución
			Reducir la severidad de accidentes	Implementar barreras de seguridad semirrígidas
5	1222+807.47	1222+850.18	Reducción de velocidad	Instalar bandas transversales de alerta
			Informar al conductor la presencia de puntos negros	Implementar señalización vertical de precaución
6	1252+186.48	1252+269.97	Reducción de velocidad	Instalar bandas transversales de alerta
			Informar al conductor la presencia de puntos negros	Implementar señalización vertical de precaución
7	1261+567.43	1261+634.93	Reducción de velocidad	Instalar bandas transversales de alerta
			Informar al conductor la presencia de puntos negros	Implementar señalización vertical de precaución

Nota: Elaboración propia.

➤ **Bandas transversales de alerta**

Son dispositivos reductores de velocidad que se colocarán en la carretera debido al alto nivel de riesgo de accidentes de tránsito por exceso de velocidad, de esta manera alertar a los conductores sobre la aproximación a un punto negro identificado en la vía.

➤ **Señalización de identificación vial**

Se instalará señalización vertical con el objetivo principal de facilitar la orientación y guiar a los usuarios de la vía, indicando la presencia de un punto negro de accidentes de tránsito, según lo identificado.

➤ **Barreras de seguridad semirrígidas**

Las barreras semirrígidas se instalarán con el objetivo de reducir el nivel de severidad en una eventual ocurrencia de accidentes de tránsito, de esta manera, amortiguar el impacto del vehículo o bien impedir que éste se despiste hacia una zona de riesgo más alto.

5. CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se identificó y se evaluó siete (07) puntos negros de accidentes de tránsito en la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, aplicando los criterios del “Manual de Seguridad Vial” R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14.
- ✓ Se realizó el levantamiento topográfico de los puntos negros de accidentes de tránsito identificados en la vía de estudio.
- ✓ Se realizó el cálculo de la velocidad de operación de los vehículos, donde se obtuvo que en seis de los siete puntos negros la velocidad de operación supera a la velocidad de diseño de 60Km/h correspondiente a la vía estudiada.
- ✓ Se analizó las características geométricas de la vía como el radio mínimo y peralte, en donde se encontró que el radio de curvatura existente es menor al radio de curvatura calculado con la velocidad de operación.
- ✓ Se realizó el análisis de la ubicación de los dispositivos de control del tránsito de los puntos negros de accidentes de tránsito y zonas de riesgo en la vía departamental, concluyendo que es necesario la implementación de dispositivos de control adicionales que ayuden a reducir la velocidad y a informar al conductor de la presencia de puntos negros de accidentes de tránsito.
- ✓ Se plantea realizar una propuesta de mejora en los puntos negros de accidentes de tránsito, mediante la implementación de señalización vertical informativa referente a la presencia de puntos negros de accidentes de tránsito, reductores de velocidad del tipo bandas transversales de alerta y además la instalación de barreras de seguridad para disminuir el nivel de severidad de accidentes de tránsito.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con investigaciones similares respecto a la influencia de los factores del clima y el estado del pavimento en la ocurrencia de accidentes de tránsito en vías de la región Cajamarca con el fin de implementar propuestas de mejora y contribuir a la reducción de accidentes de tránsito.
- Recomendamos que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones realice la labor de difusión del concepto de punto negro o tamo de concentración de accidentes ya que es un tema que está estrechamente vinculado a la educación y seguridad vial, es clave llevar a cabo campañas de concientización para motivar a los conductores a seguir las normas de tránsito y adoptar conductas responsables. Esto debe incluir el uso del cinturón de seguridad, respetar los límites de velocidad y manejar con precaución constante.
- Se recomienda realizar charlas de capacitación a la UPIAT-PNP sobre la forma correcta de registrar un accidente de tránsito tomando en consideración el tipo de accidente, georreferencia, kilometro, fecha, ubicación y el número de personas fallecidas y heridos graves y leves; todo ello para facilitar la identificación de los puntos negros de accidentes de tránsito.
- Recomendamos hacer un análisis exhaustivo y una mejora continua en los mantenimientos de la vía departamental ruta N° PE-3N trayectoria: Cajabamba – La Grama – Pte. Crisnejas – San Marcos – Matara – Llacanora – Cajamarca, y todas las vías a nivel nacional, debido a que la ocurrencia de los accidentes de tránsito es frecuente, por tanto, se pueden adoptar las medidas de mejora propuestas en esta tesis para ser implementadas en la vía de estudio.

5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A., & Trujillo, D. (2020). *Visión cero enfocada a la reducción de accidentes de tránsito en el Ecuador* [Trabajo de fin de carrera Titulado, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES].
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3685>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Enfoques Consulting EIRL, Ed.; 1era ed.). www.tesisconjosearias.com
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de Carreteras* (ECO E, Ed.).
- Chocontá, P. (2011). *Diseño Geométrico de Vías* (Escuela Colombiana de Ingeniería, Ed.; 3era ed.).
- Chugnas, M. (2019). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA NAMORA - MATARA EN FUNCIÓN A SUS PARÁMETROS DE DISEÑO Y SEÑALIZACIÓN* [TÍTULO PROFESIONAL]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cobeñas, P. (2012). *Sistemas de Contención Vehicular* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Córdova, L., & Paucar, C. (2014). *Análisis de los indicadores de seguridad vial para la disminución de accidentes de tránsito en el Ecuador* [Titulo Profesional, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8927>
- Dextre, J., Aranda, F., Ríos, F., & Manchego, X. (2018). *VI Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial*.
- DG-2018. (2018). *DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES* (MTC).
- Gallo, A., & Castillo, G. (2018). *Análisis de las condiciones de seguridad vial ligadas a temas de infraestructura en las vías rápidas de Bogotá* [Trabajo de investigación, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/16847>
- Gaona, E. (2017). Evaluación de la seguridad de la carretera Jesús - San Marcos tramo El Carmen - Yuracpirca en función a sus parámetros de diseño [Titulo Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. In *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1046>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Marcela I. Rocha Martínez, Ed.; 6ta ed.).
- MTC. (2017). *Manual de Seguridad Vial 2017*.

- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis Contenido*.
- OPS-OMS. (2023). *Seguridad vial - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. OPS-120 Aniversario. <https://www.paho.org/es/temas/seguridad-vial>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *La nueva declaración política para reducir a la mitad las defunciones y los traumatismos causados por las colisiones de tránsito para 2030 es un logro histórico*. <https://www.who.int/es/news/item/30-06-2022-new-political-declaration-to-halve-road-traffic-deaths-and-injuries-by-2030-is-a-milestone-achievement>
- Pérez, J. (2018). Accidentabilidad y rediseño de la carretera Poroy - Urubamba, aplicando el modelo de predicción de accidentes en vías rurales del manual norteamericano highway safety manual 2010. *Yachay - Revista Científico Cultural*, 7(01), 339–346. <https://doi.org/10.36881/YACHAY.V7I01.82>
- Pico, M., Gonzáles, R., & Noreña, O. (2011). SEGURIDAD VIAL Y PEATONAL: UNA APROXIMACIÓN TEÓRICA DESDE LA POLÍTICA PÚBLICA. *Hacia La Promoción de La Salud*, 16(2), 190–204.
- Reglamento de Jerarquización Vial. (2007). *Transportes y Comunicaciones* (D.S. N° 017-2007-MTC, Ed.).
- Rodríguez, M. (2011). *Análisis de los elementos causales de accidentes sobre la carretera federal 014 Morelia-Pátzcuaro e implementación de la auditoría en seguridad vial (ASV)* [Tesis de Grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3031
- Rodríguez Masa, Z. (2020). *Análisis del tráfico y propuesta de mejora en la intersección de la Av. Arnaldo Márquez y la calle Nazca en la ciudad de Lima* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16522>
- Serviasistencia Express. (2018). *¿Qué es la Seguridad Vial y por qué es importante la educación vial?* <https://www.serviasistenciaexpress.com/seguridad-vial/>
- SUTRAN. (2023). *Reporte Estadístico de Siniestros Viales 2022*.
- Torres, D., & Aranda, F. (2015). *Inspecciones de seguridad vial* [Título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6367>

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: Punto Negro N°01, progresiva Km. 1155+246.38 al Km. 1155+388.47



Fotografía 2: Punto Negro N°01, medición de la velocidad de operación.



Fotografía 3: Punto Negro N°01, señalización existente.



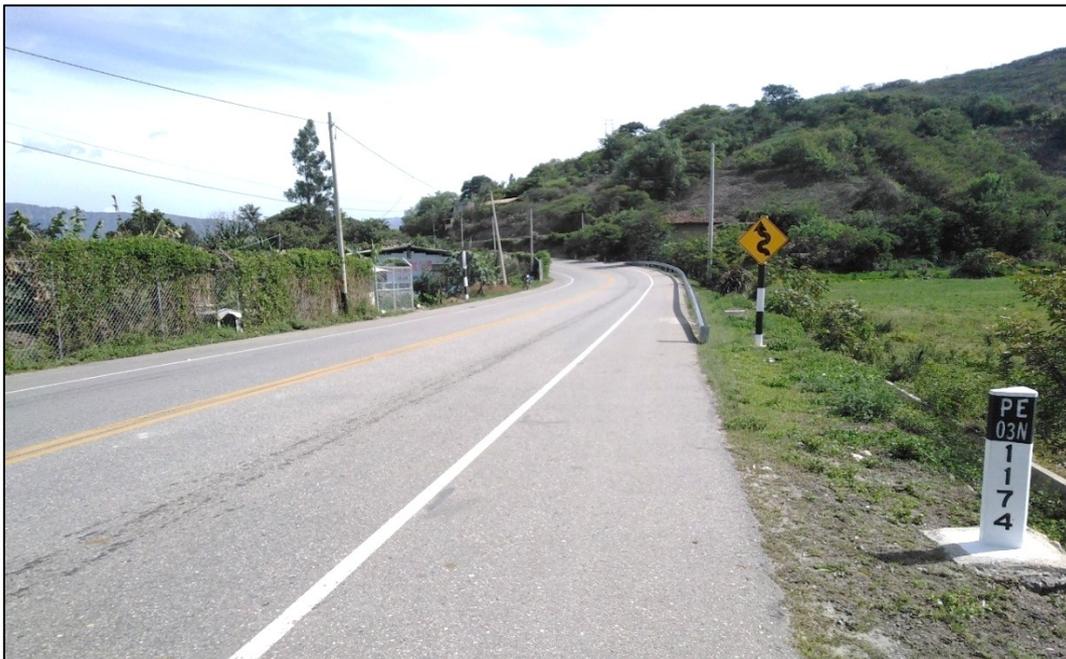
Fotografía 4: Punto Negro N°02, progresiva Km. 1174+025.52 al Km. 1174+099.72



Fotografía 5: Punto Negro N°02, medición de la velocidad de operación.



Fotografía 6: Punto Negro N°02, señalización existente.



Fotografía 7: Punto Negro N°03, progresiva Km. 1178+088.36 al Km. 1178+190.49



Fotografía 8: Punto Negro N°03, medición de la velocidad de operación.



Fotografía 9: Punto Negro N°03, señalización existente.



Fotografía 10: Punto Negro N°04, progresiva Km. 1180+161.57 al Km. 1180+259.70



Fotografía 11: Punto Negro N°04, medición de la velocidad de operación.



Fotografía 12: Punto Negro N°04, señalización existente.



Fotografía 13: Punto Negro N°05, progresiva Km. 1222+007.88 al Km. 1222+062.91



Fotografía 14: Punto Negro N°05, medición de la velocidad de operación.



Fotografía 15: Punto Negro N°05, señalización existente.



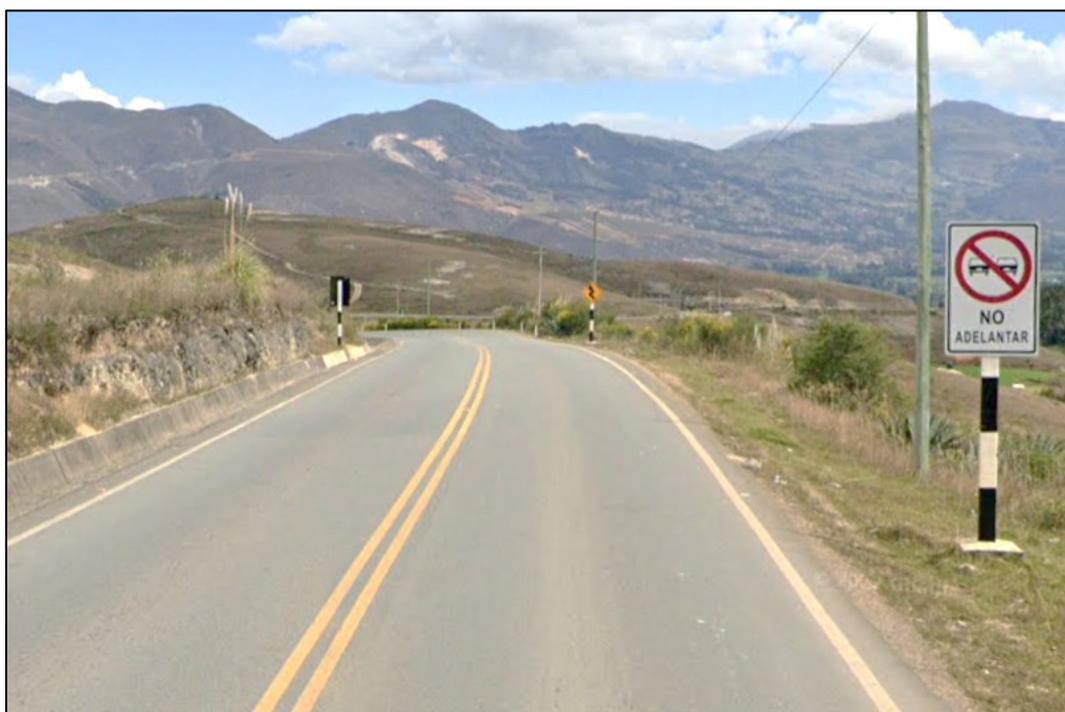
Fotografía 16: Punto Negro N°06, progresiva Km. 1252+186.48 al Km. 1252+269.97



Fotografía 17: Punto Negro N°06, medición de la velocidad de operación.



Fotografía 18: Punto Negro N°06, señalización existente.



Fotografía 19: Punto Negro N°07, progresiva Km. 1252+186.48 al Km. 1252+269.97



Fotografía 20: Punto Negro N°07, medición de la velocidad de operación.



Fotografía 21: Punto Negro N°07, señalización existente.

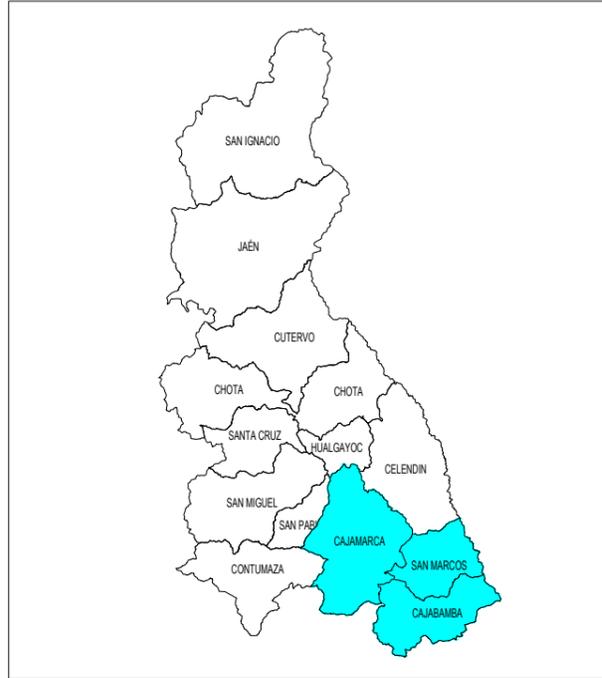


ANEXO 2: PLANOS

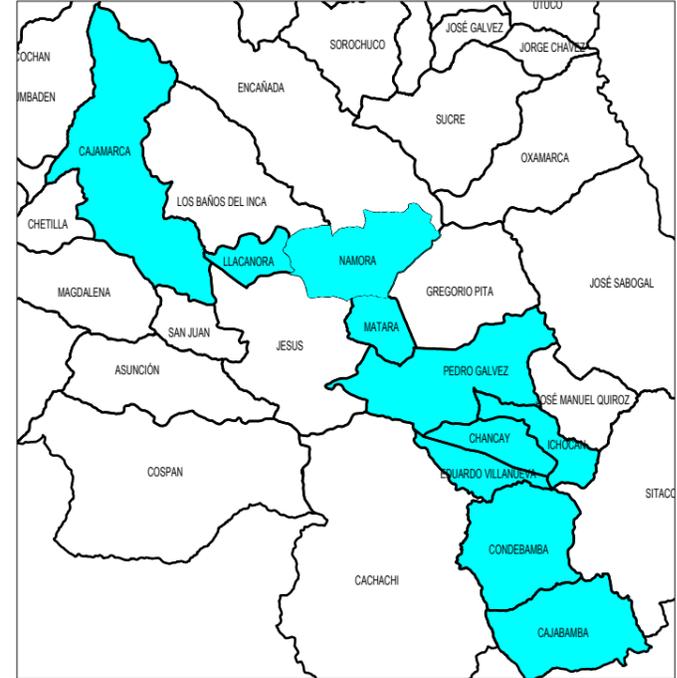
UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



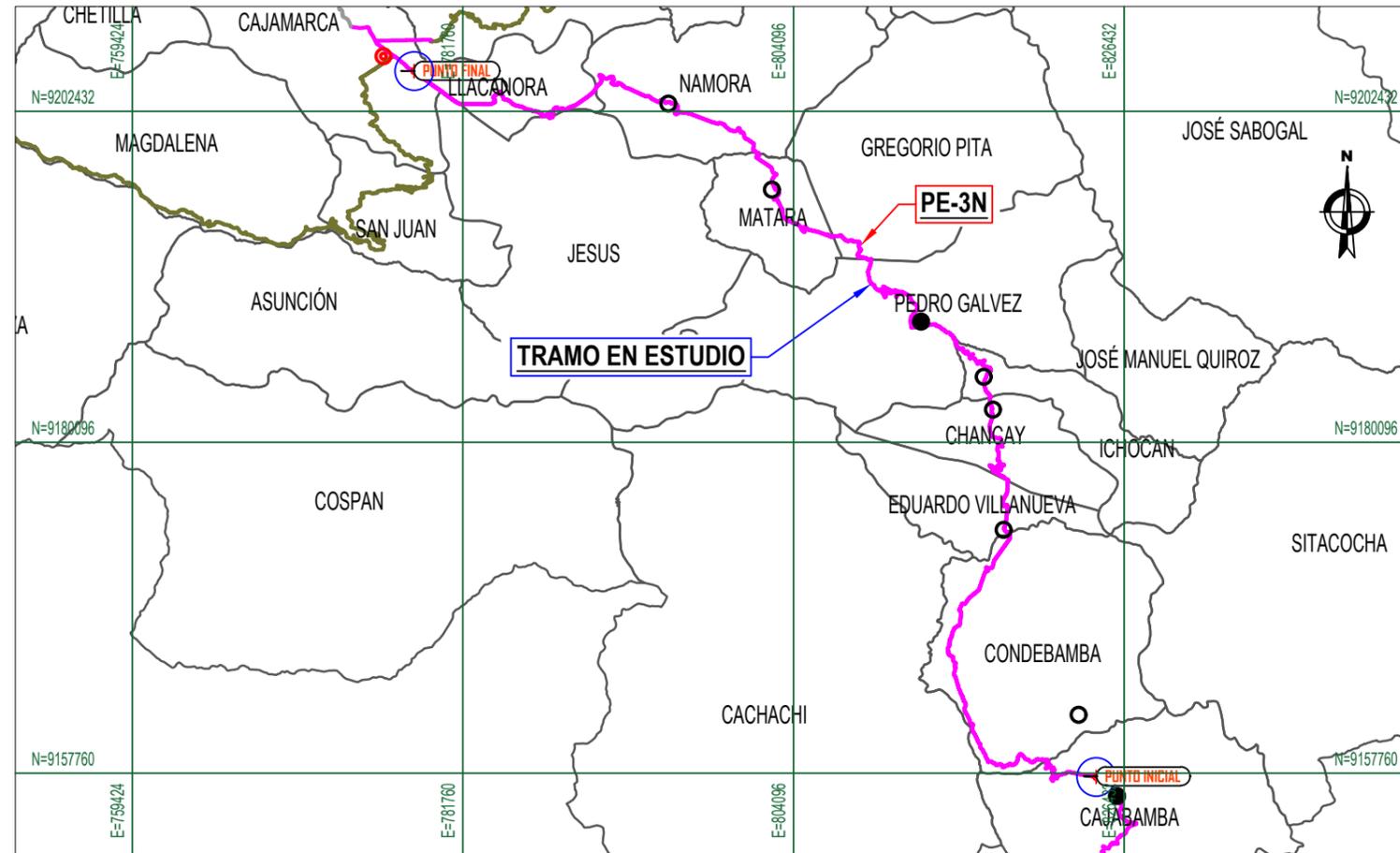
UBICACIÓN DE LAS PROVINCIAS DE CAJAMARCA, SAN MARCOS Y CAJABAMBA



UBICACIÓN DE LOS DISTRITOS DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL MAPA PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO VÍA CAJAMARCA-CAJABAMBA Km. 1152+600 al Km. 1267+458



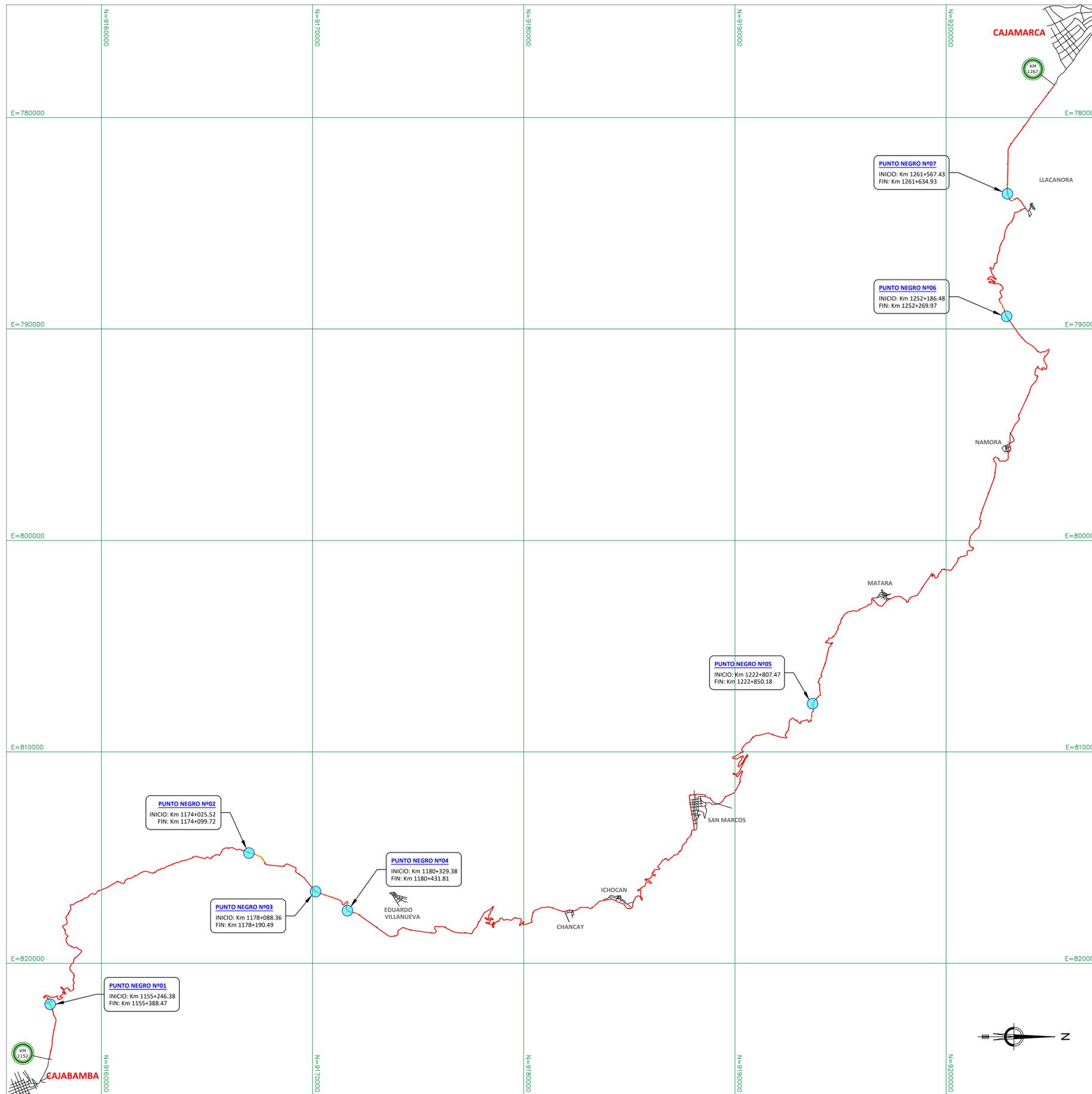
DEPARTAMENTO
CAJAMARCA

PROVINCIAS
CAJAMARCA
SAN MARCOS
CAJABAMBA

LEYENDA	
	Carretera en estudio
	Carretera departamental
	Límite Distrital
	Capital de Departamento
	Capital de Provincia
	Capital de Distrita



REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
I		TRAMO DE ESTUDIO
		CAJABAMBA - LA GRAMA - PTE. CRISNEJA - SAN MARCOS - MATARA - LLACANORA - CAJAMARCA



PUNTO NEGRO N°02
 INICIO: Km 1174+025.52
 FIN: Km 1174+099.72

PUNTO NEGRO N°03
 INICIO: Km 1178+088.36
 FIN: Km 1178+190.49

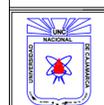
PUNTO NEGRO N°04
 INICIO: Km 1180+329.38
 FIN: Km 1180+431.81

PUNTO NEGRO N°01
 INICIO: Km 1155+246.38
 FIN: Km 1155+388.47

PUNTO NEGRO N°07
 INICIO: Km 1261+567.43
 FIN: Km 1261+634.93

PUNTO NEGRO N°06
 INICIO: Km 1252+186.48
 FIN: Km 1252+269.97

PUNTO NEGRO N°05
 INICIO: Km 1222+807.47
 FIN: Km 1222+850.18



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESISTA:
Bachiller en Ingeniería Civil:
 Wille Ortiz Cerna

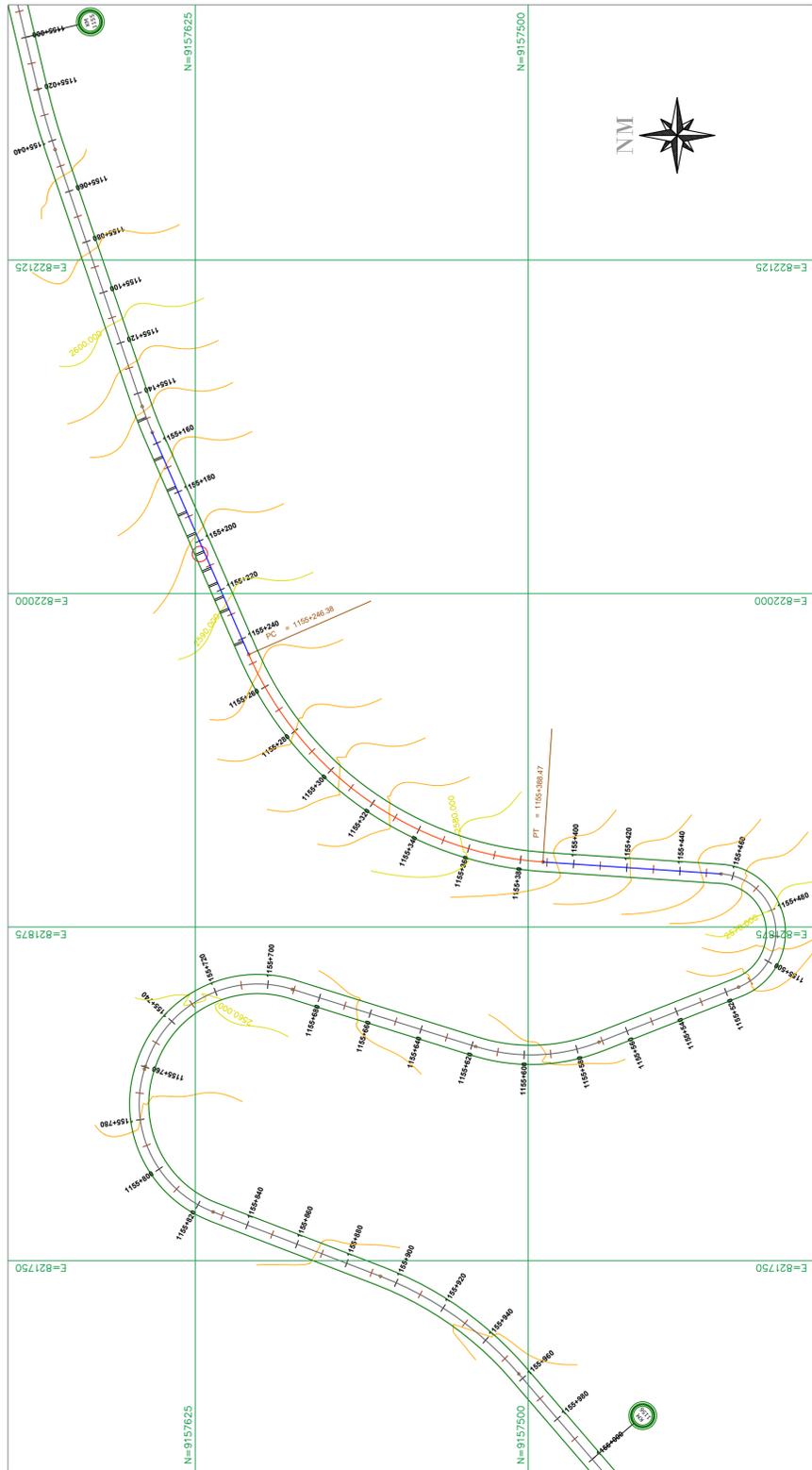
ASESOR:
M. Cs. Ing.
 José Benjamín Torres Tafur

REVISIONES	
N°	FECHA
I	
TRAMO DE ESTUDIO	
CAJAMARCA - SAN MARCOS - CAJABAMBA	

"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN LA VIA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA - LA GRAMA - PTE CRISNEJAS - SAN MARCOS - MATARA - LLACANORA - CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

PLANO:	PLANO CLAVE
ESCALA:	1/100,000
FECHA:	JUNIO 2025

LAMINA N°
PC-01

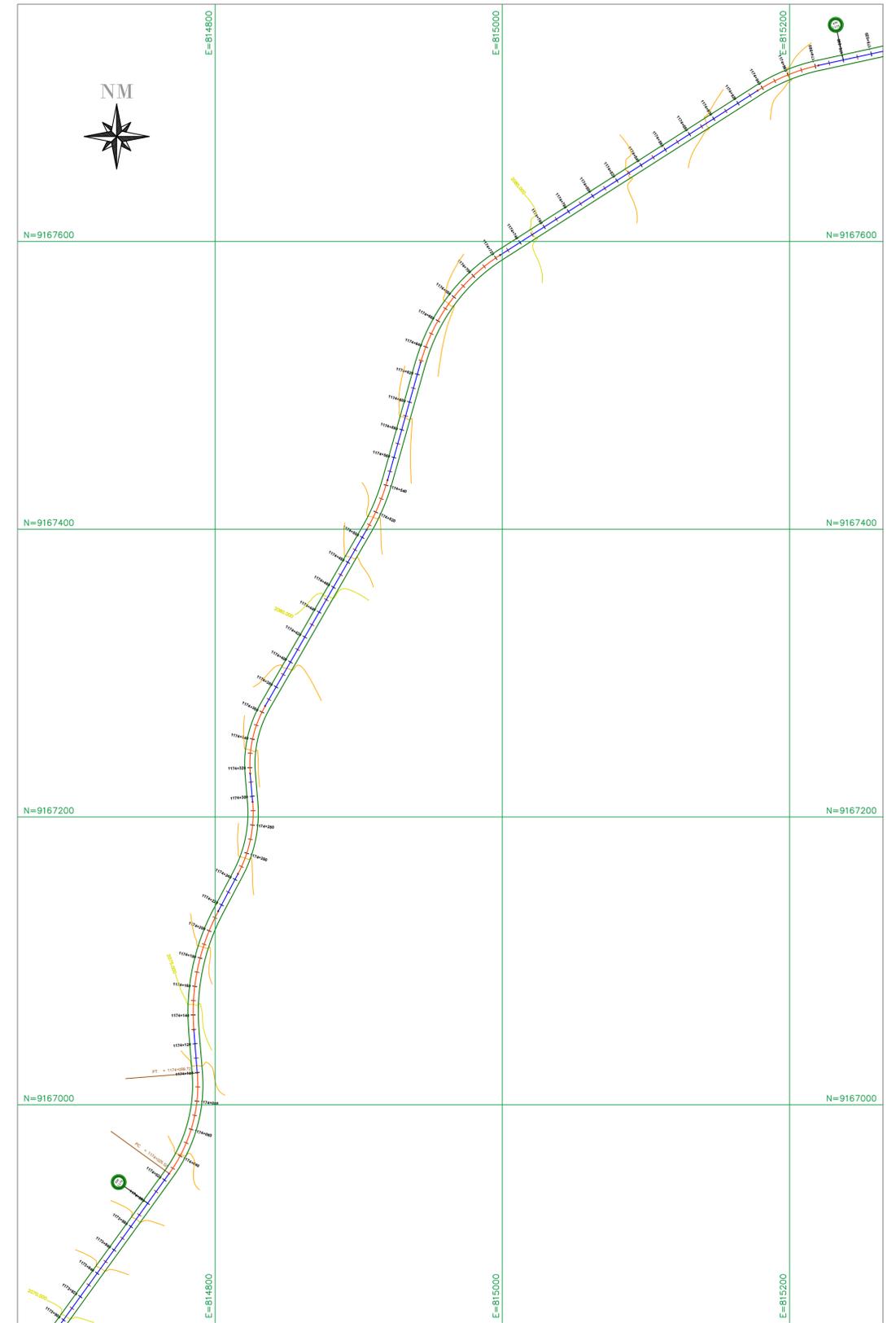


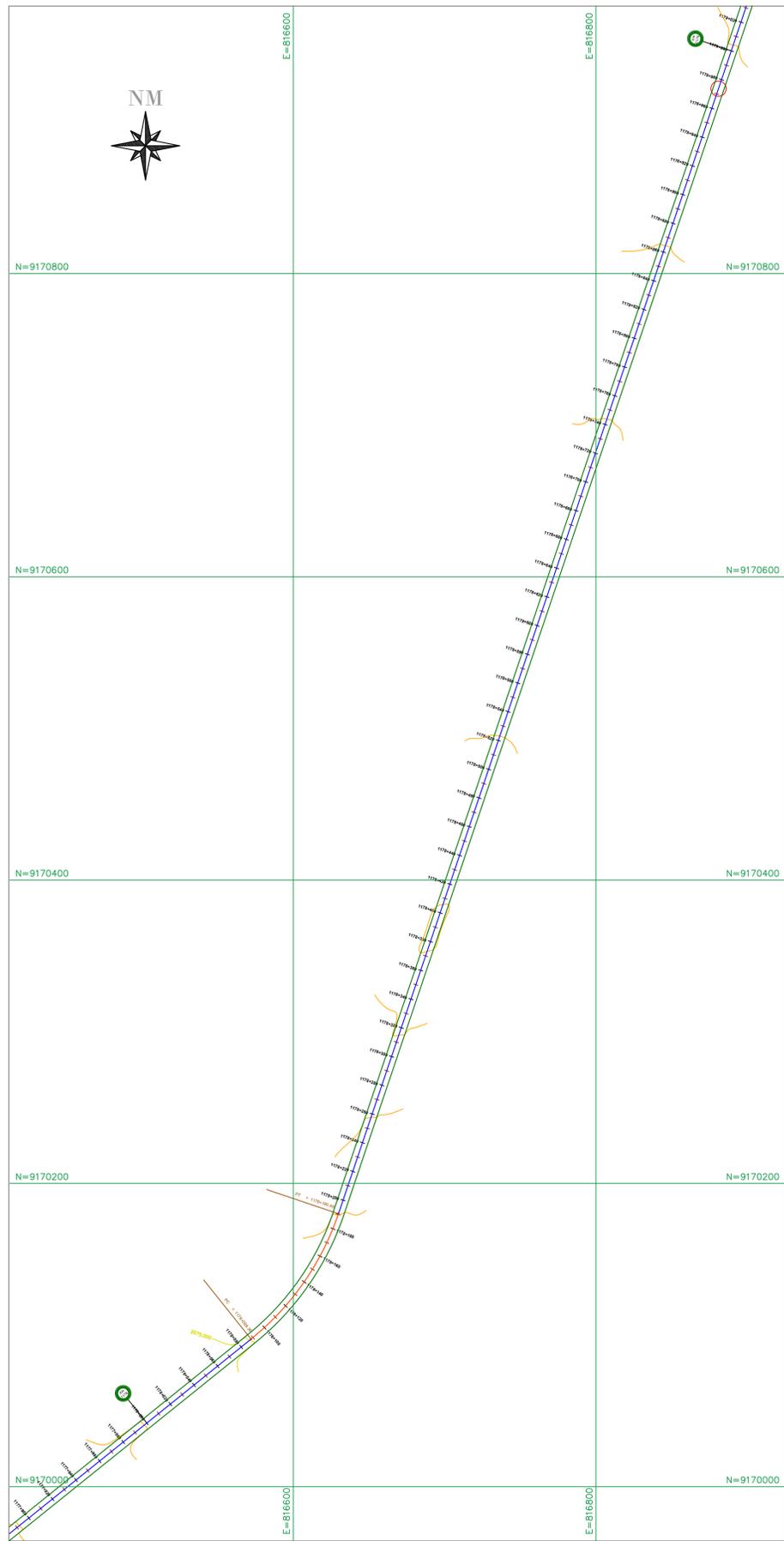
PUNTO NEGRO N°01	
PC=	1155+246.38
PT=	1155+388.47
LC=	142.09 m
RADIO=	130.00 m

PUNTO NEGRO N°02	
PC=	1174+025.52
PT=	1174+099.72
LC=	74.20 m
RADIO=	105.00 m

DETALLE N°01
ESTRUCTURA DE LA CARRETERA

CAPA DE RODADURA
BASE GRANULAR
SUB BASE GRANULAR





PLANO EN PLANTA - PUNTO NEGRO N°03
ESCALA: 1/2,000



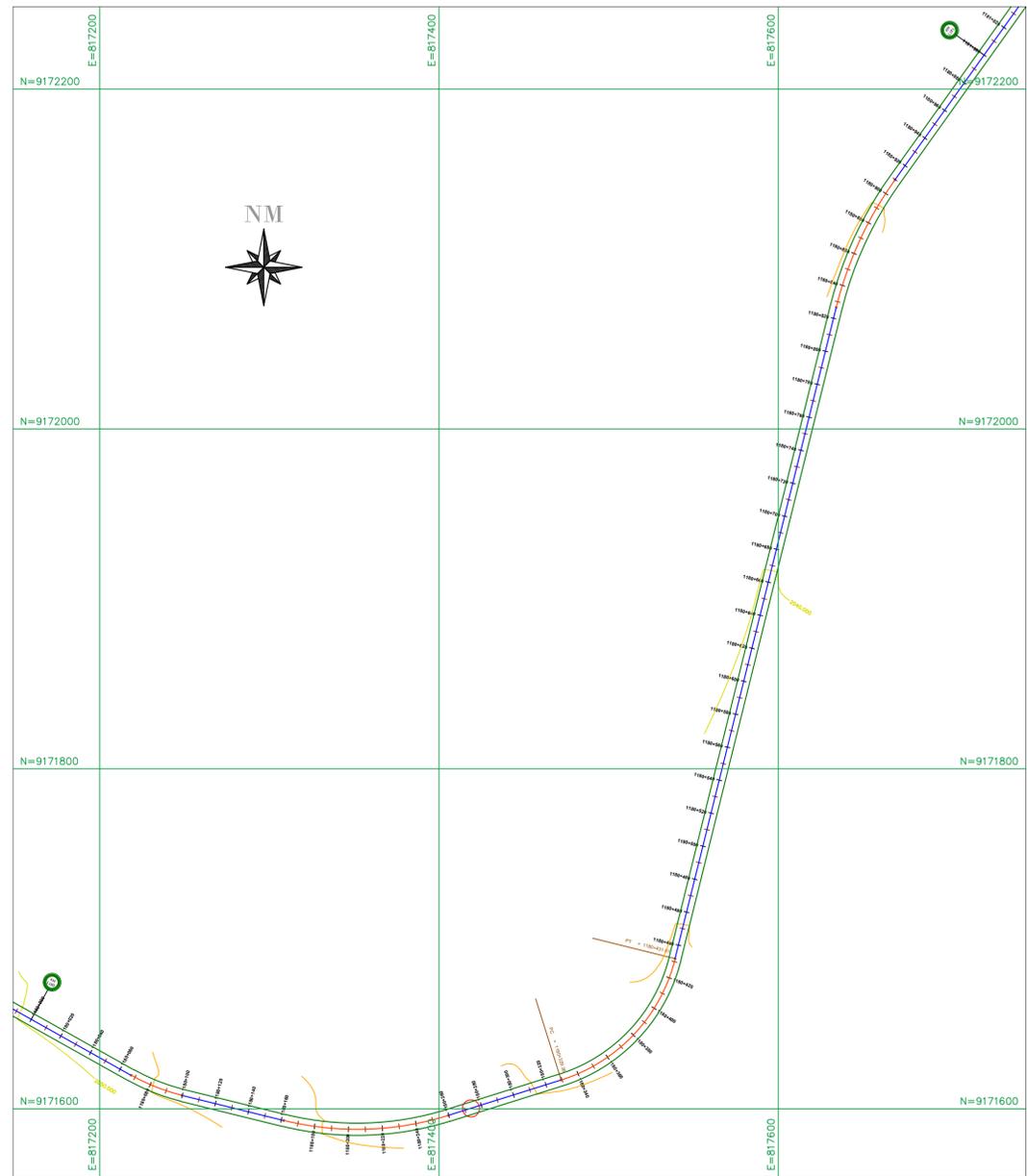
SECCIÓN TRANSVERSAL PUNTO NEGRO N°03
ESCALA: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL PUNTO NEGRO N°04
ESCALA: 1/200

PUNTO NEGRO N°03	
PC=	1178+088.36
PT=	1178+190.49
LC=	102.13 m
RADIO=	180.00 m

PUNTO NEGRO N°04	
PC=	1180+329.38
PT=	1180+431.81
LC=	102.43 m
RADIO=	100.00 m



PLANO EN PLANTA - PUNTO NEGRO N°04
ESCALA: 1/2,000

DETALLE N°01
ESTRUCTURA DE LA CARRETERA

CAPA DE RODADURA
BASE GRANULAR
SUB BASE GRANULAR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESISTA:
Bachiller en Ingeniería Civil:
Wille Ortiz Cerna

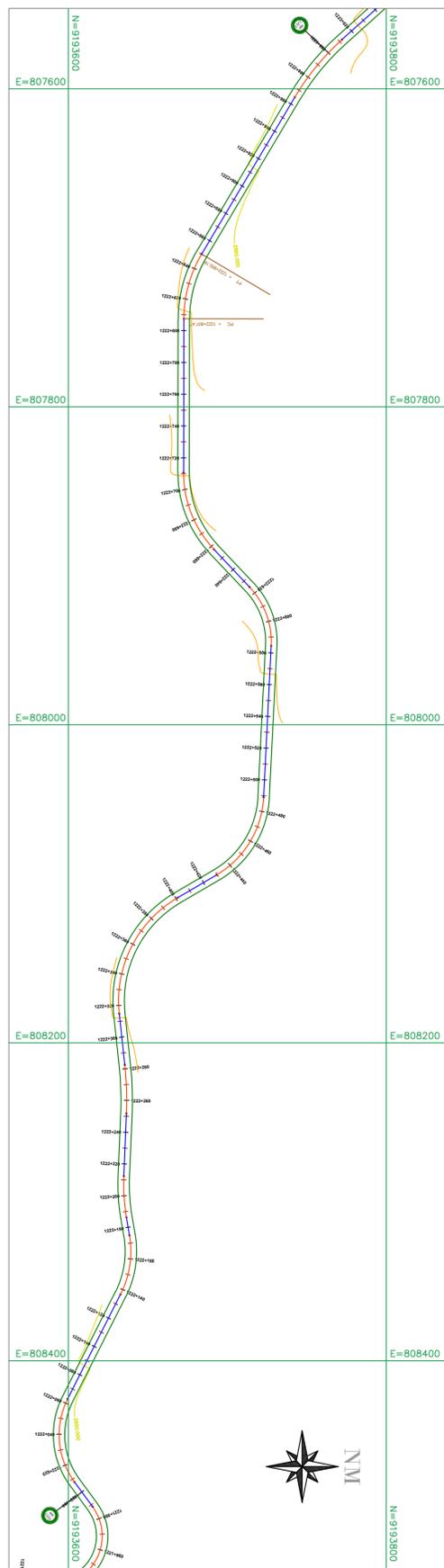
ASESOR:
M. Cs. Ing.
José Benjamín Torres Tafur

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
I		
TRAMO DE ESTUDIO		CAJAMARCA - SAN MARCOS - CAJABAMBA

TESIS:
"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN LA VIA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA - LA GRAMA - PTE CRISNEJAS - SAN MARCOS - MATARA - LLACANORA - CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

PLANO: PLANO EN PLANTA Y SECCIONES	
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	JUNIO 2025

LAMINA N°
PS-02



PLANO EN PLANTA - PUNTO NEGRO N°05
ESCALA: 1/2,000

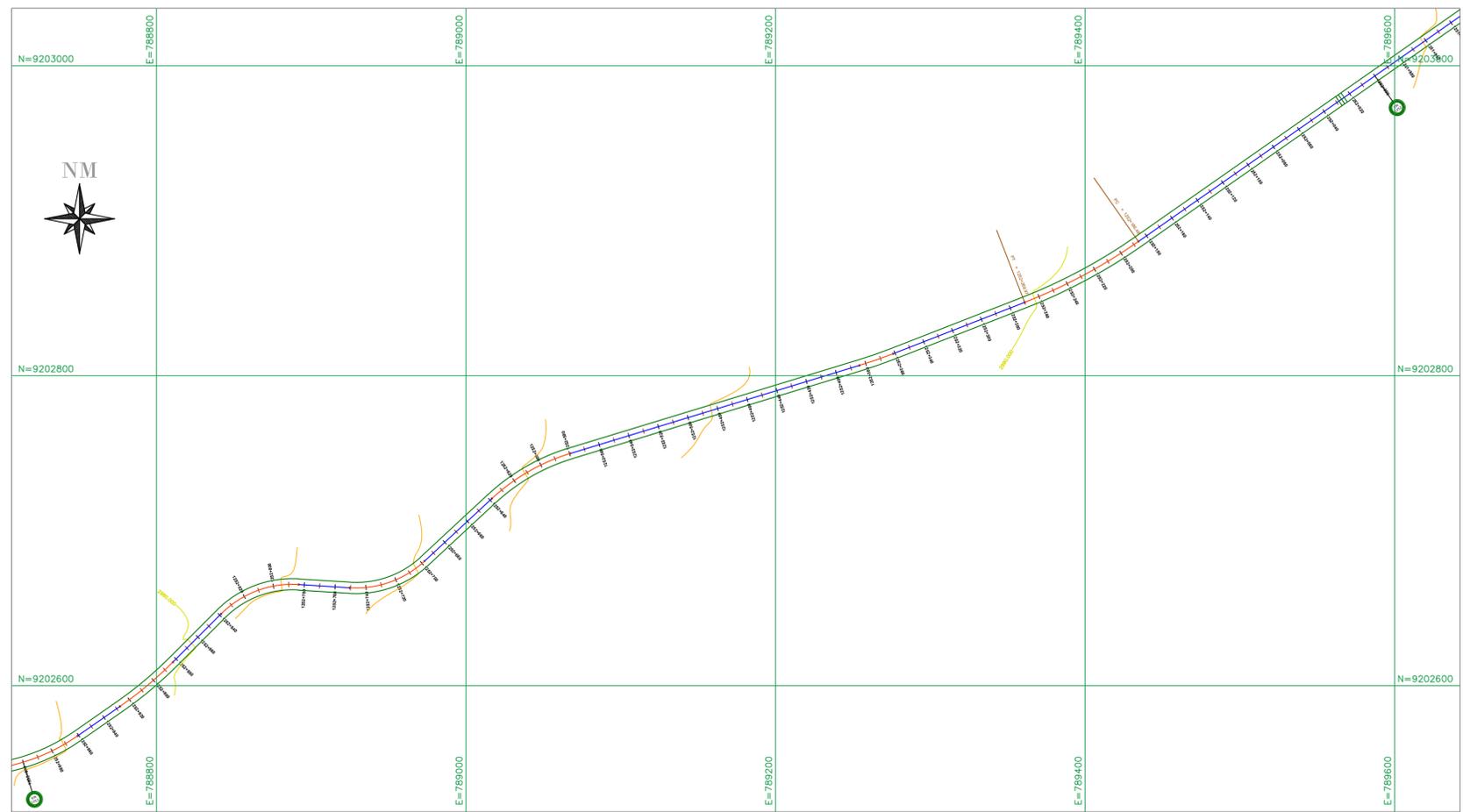


PUNTO NEGRO N°05	
PC=	1222+807.47
PT=	1222+850.18
LC=	42.71 m
RADIO=	80.00 m

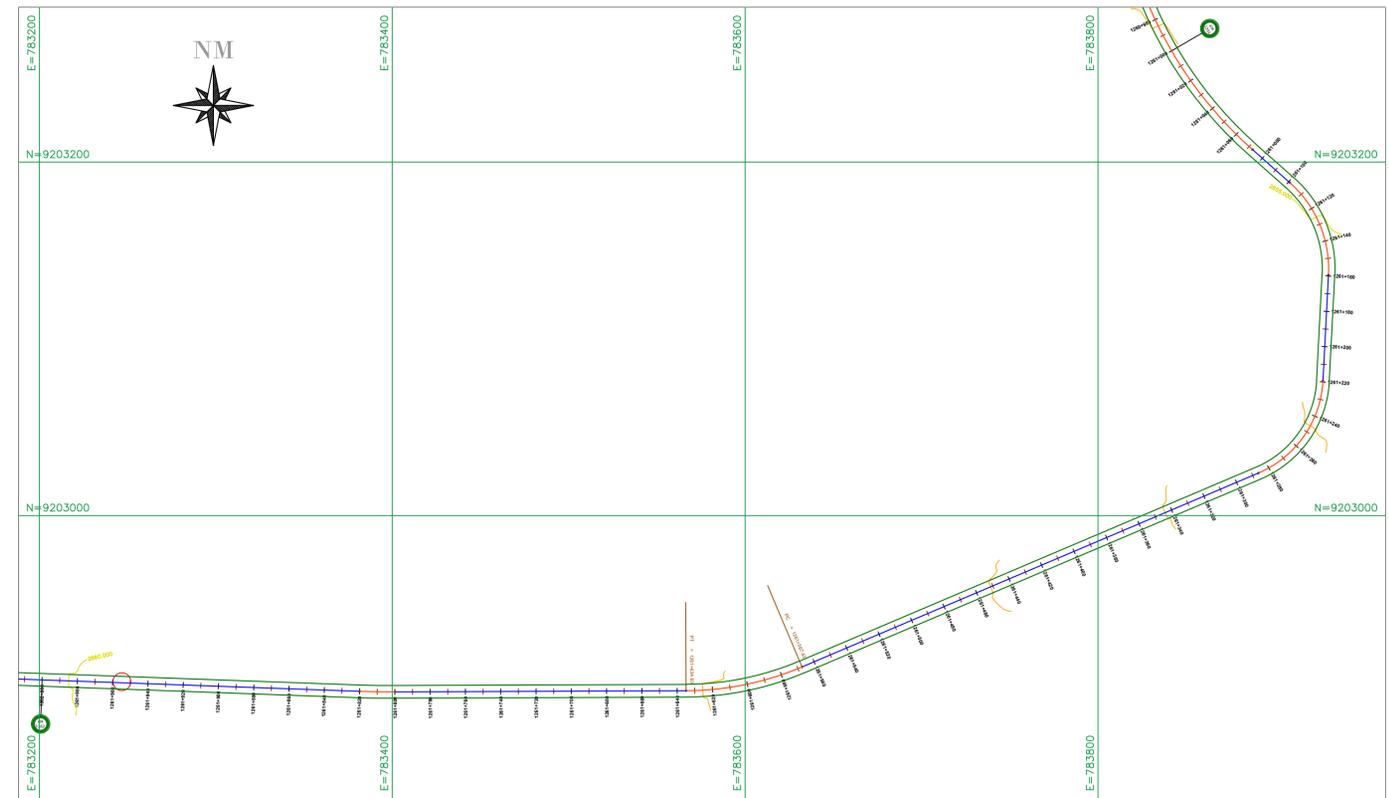
PUNTO NEGRO N°06	
PC=	1252+186.48
PT=	1252+269.97
LC=	83.49 m
RADIO=	350.00 m

PUNTO NEGRO N°07	
PC=	1261+567.43
PT=	1261+634.93
LC=	67.50 m
RADIO=	170.00 m

DETALLE N°01
ESTRUCTURA DE LA CARRETERA



PLANO EN PLANTA - PUNTO NEGRO N°06
ESCALA: 1/2,000



PLANO EN PLANTA - PUNTO NEGRO N°07
ESCALA: 1/2,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESISTA:

Bachiller en Ingeniería Civil:
Wille Ortiz Cerna

ASESOR:

M. Cs. Ing.
José Benjamín Torres Tafur

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
1		

TRAMO DE ESTUDIO: CAJAMARCA - SAN MARCOS - CAJABAMBA

TESIS:

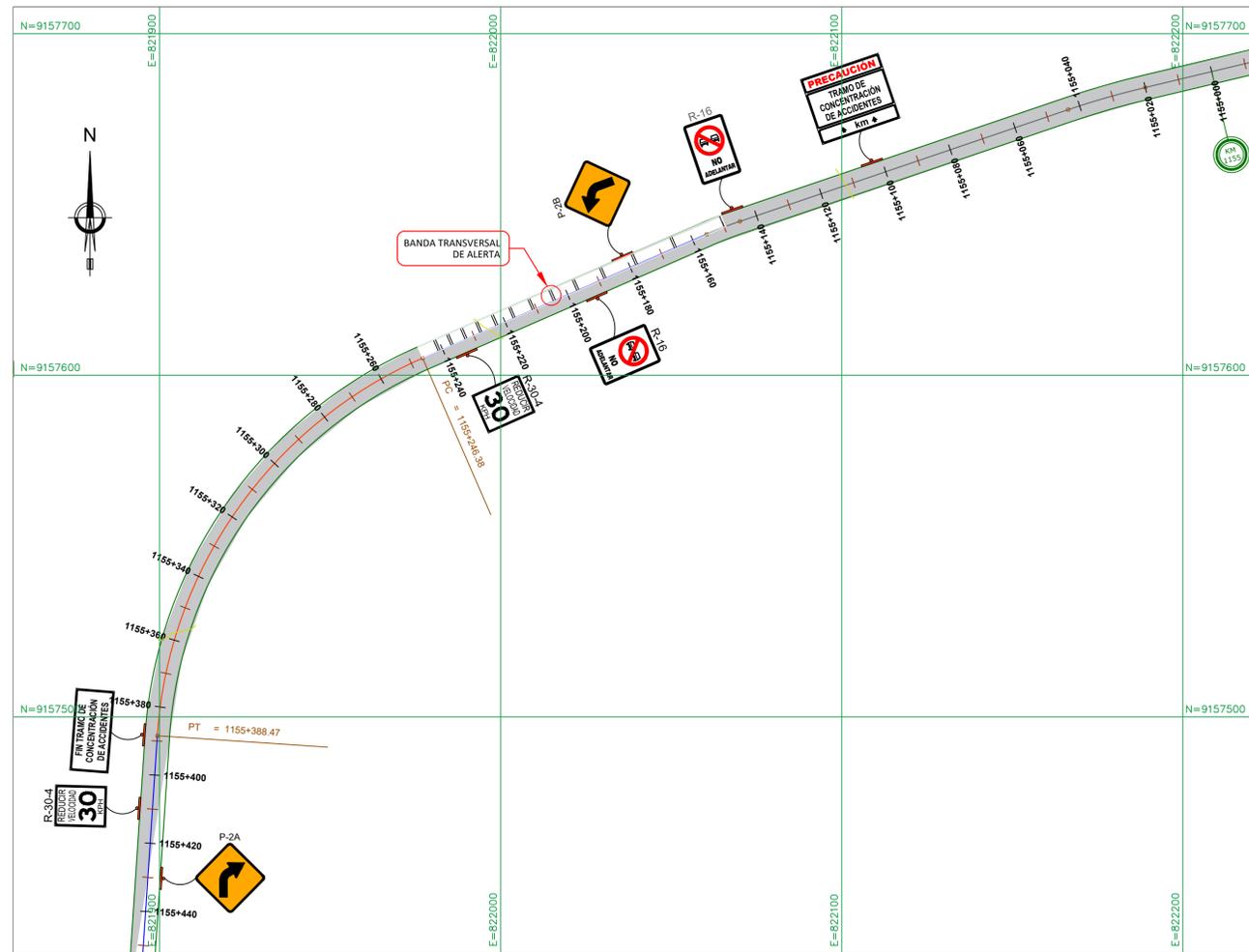
"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN LA VIA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA - LA GRAMA - PTE CRISNEJAS - SAN MARCOS - MATARA - LLACANORA - CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

PLANO:

PLANO EN PLANTA Y SECCIONES
ESCALA: INDICADA
FECHA: JUNIO 2025

LAMINA N°

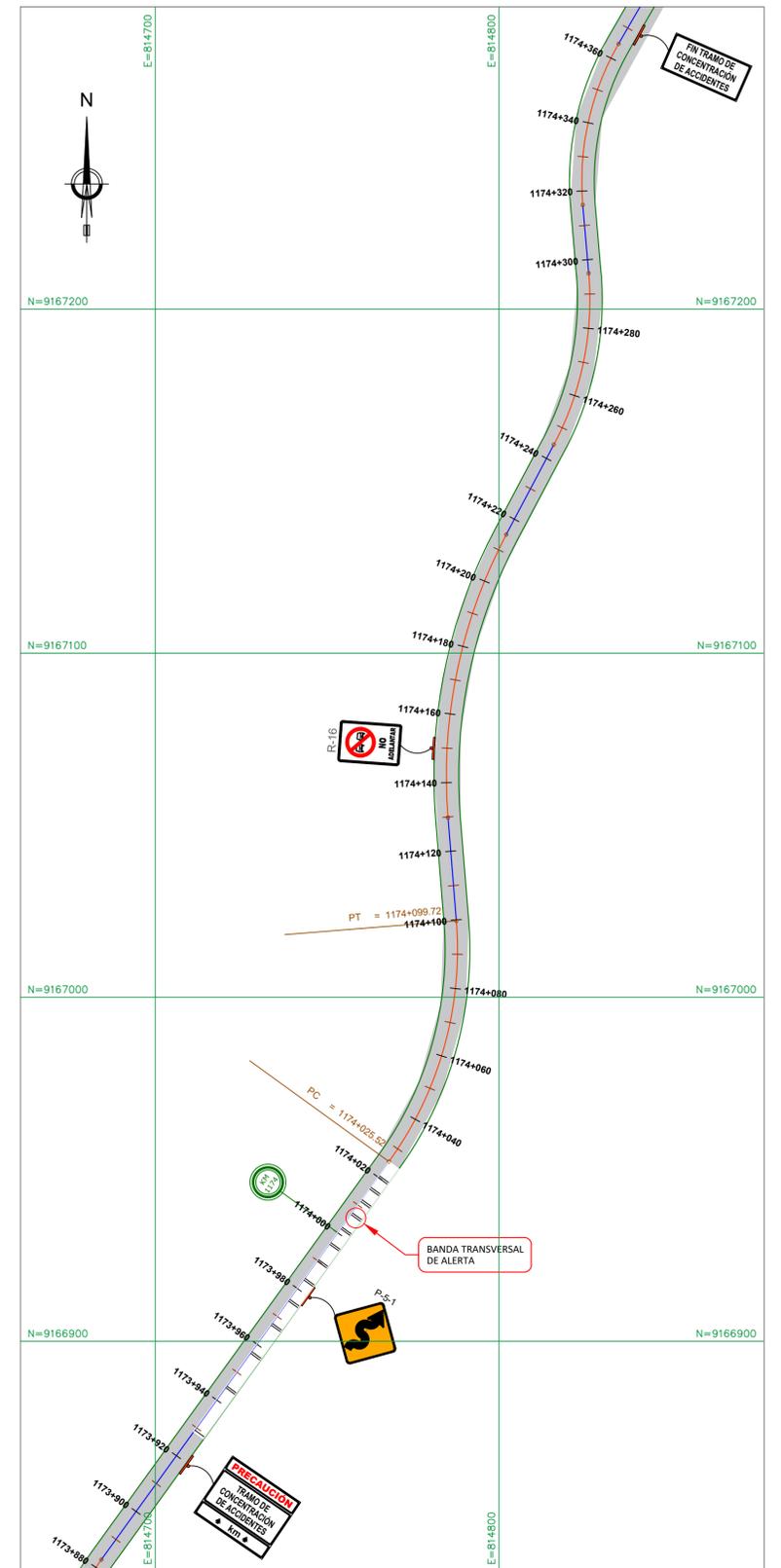
PS-03



PLANO DE SEÑALIZACIÓN - PUNTO NEGRO Nº01
ESCALA: 1/1,000

PUNTO NEGRO Nº01	
PC=	1155+246.38
PT=	1155+388.47
LC=	142.09 m
RADIO=	130.00 m

PUNTO NEGRO Nº02	
PC=	1174+025.52
PT=	1174+099.72
LC=	74.20 m
RADIO=	105.00 m



PLANO DE SEÑALIZACIÓN - PUNTO NEGRO Nº02
ESCALA: 1/1,000

LEYENDA / SIMBOLOGIA	
SEÑALIZACIÓN EXISTENTE	SEÑALIZACIÓN PROPUESTA

SEÑALIZACIÓN EXISTENTE	
TIPO	DESCRIPCIÓN
P-2A	CURVA A LA DERECHA
P-2B	CURVA A LA IZQUIERDA
R-16	PROHIBIDO ADELANTAR
R-30-4	REDUCIR VELOCIDAD

SEÑALIZACIÓN PROPUESTA	
TIPO	DESCRIPCIÓN
PRECAUCIÓN	PUNTO NEGRO DE ACCIDENTES
PRECAUCIÓN	FIN PUNTO NEGRO DE ACCIDENTES
BANDAS	BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESISTA:
Bachiller en Ingeniería Civil:
Wille Ortiz Cerna

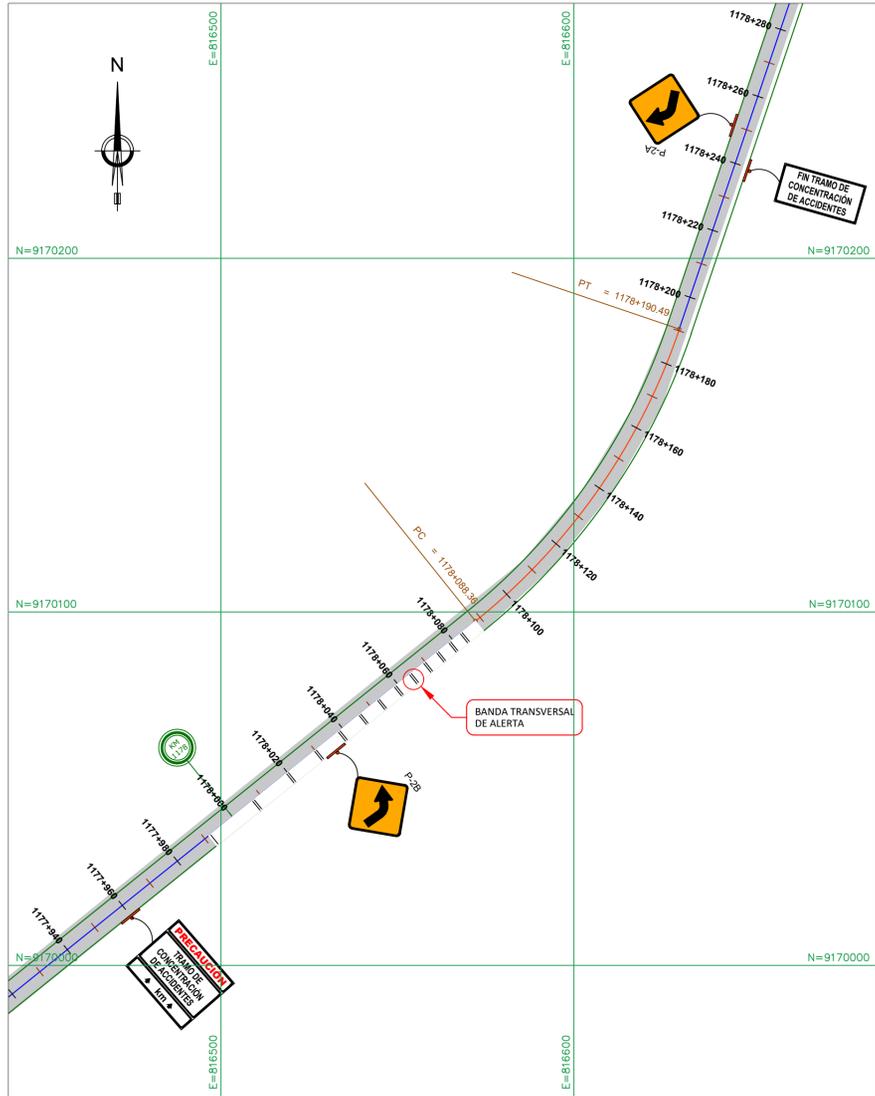
ASESOR:
M. Cs. Ing.
José Benjamín Torres Tafur

REVISIONES	
N°	FECHA
I	
TRAMO DE ESTUDIO CAJAMARCA - SAN MARCOS - CAJABAMBA	

TESIS:
"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN LA VIA DEPARTAMENTAL RUTA Nº PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA - LA GRAMA - PTE CRISNEJAS - SAN MARCOS - MATARA - LLACANORA - CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

PLANO:
PLANO DE SEÑALIZACIÓN
ESCALA: INDICADA
FECHA: JUNIO 2025

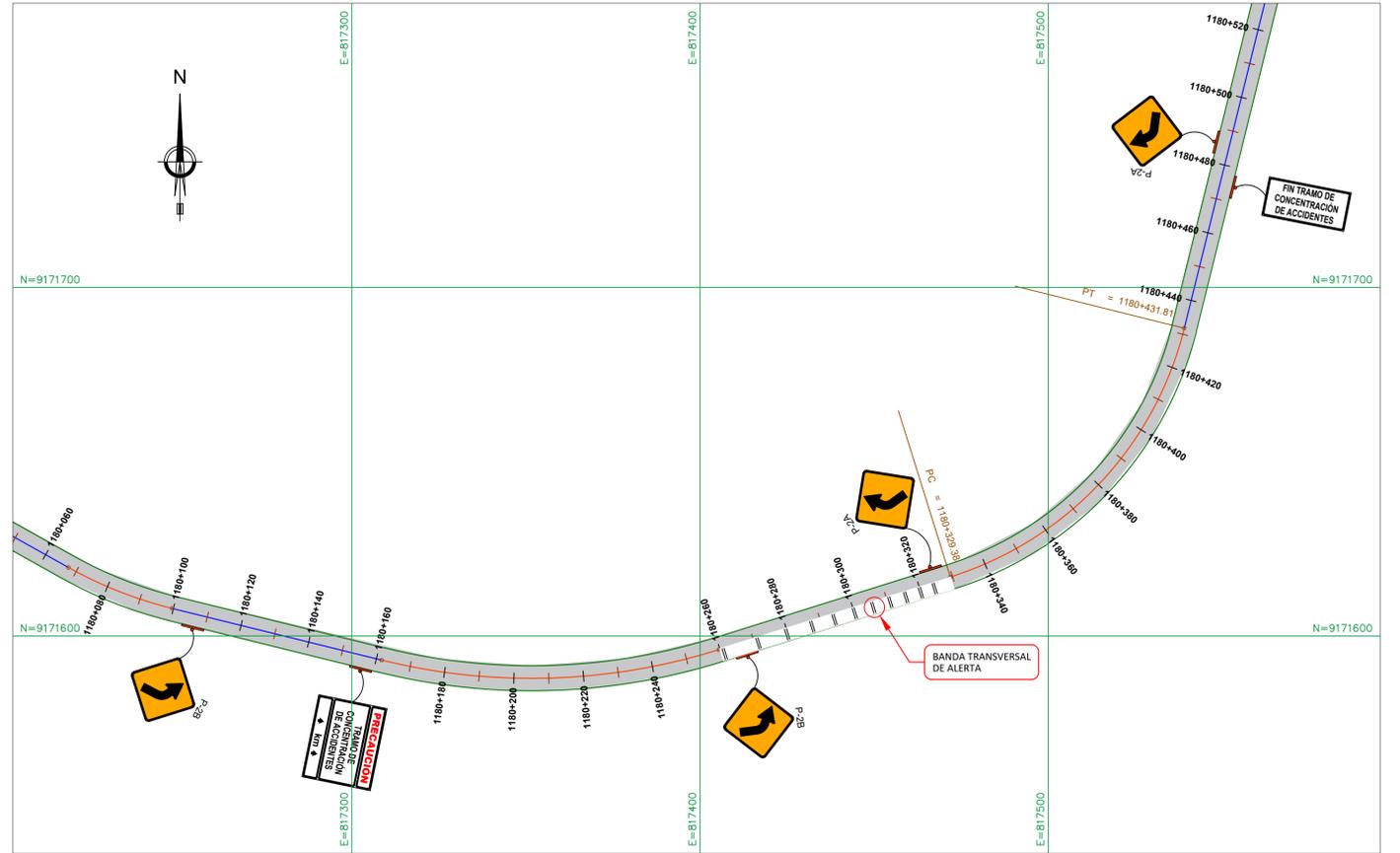
LÁMINA Nº
SEÑ-01



PLANO DE SEÑALIZACIÓN - PUNTO NEGRO N°03
ESCALA: 1/1,000

PUNTO NEGRO N°03	
PC=	1178+088.36
PT=	1178+190.49
LC=	102.13 m
RADIO=	180.00 m

PUNTO NEGRO N°04	
PC=	1180+329.38
PT=	1180+431.81
LC=	102.43 m
RADIO=	100.00 m



PLANO DE SEÑALIZACIÓN - PUNTO NEGRO N°04
ESCALA: 1/1,000

SEÑALIZACIÓN EXISTENTE	
TIPO	DESCRIPCIÓN
P-2A	CURVA A LA DERECHA
P-2B	CURVA A LA IZQUIERDA

SEÑALIZACIÓN PROPUESTA	
TIPO	DESCRIPCIÓN
PRECAUCIÓN	PUNTO NEGRO DE ACCIDENTES
PRECAUCIÓN	FIN PUNTO NEGRO DE ACCIDENTES
BANDAS	BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA

LEYENDA / SIMBOLOGIA	
SEÑALIZACIÓN EXISTENTE	SEÑALIZACIÓN PROPUESTA
<p>P-2A</p> <p>Curva a la derecha</p> <p>P-2B</p> <p>Curva a la izquierda</p>	<p>PRECAUCIÓN</p> <p>TRAMO DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES</p> <p>Tramo de concentración de accidentes</p> <p>FIN TRAMO DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES</p> <p>Fin tramo de concentración de accidentes</p> <p></p> <p>Bandas transversales de alerta</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESISTA:
Bachiller en Ingeniería Civil:
Wille Ortiz Cerna

ASESOR:
M. Cs. Ing.
José Benjamín Torres Tafur

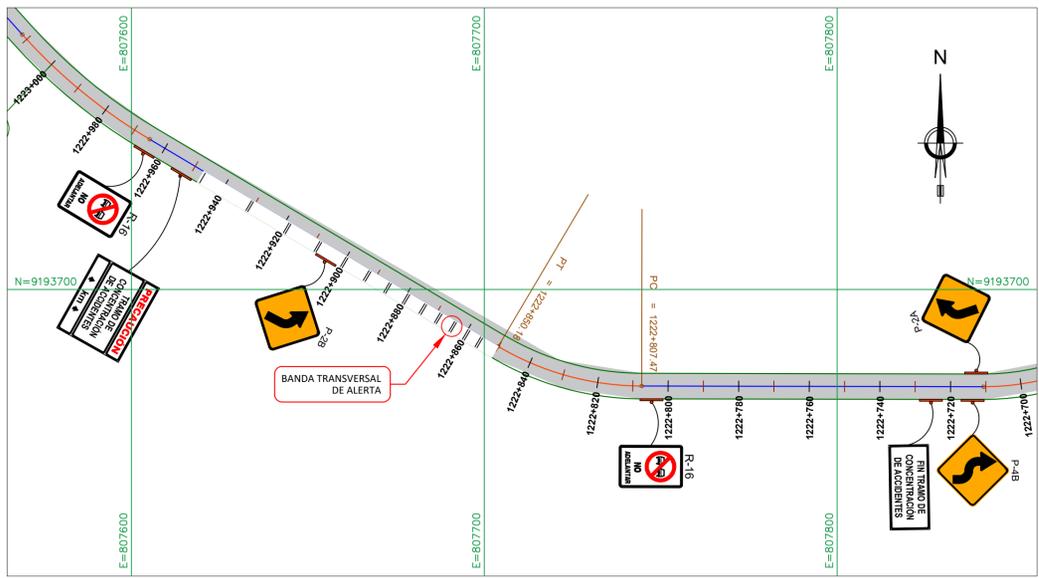
REVISIONES	
N°	FECHA
I	
TRAMO DE ESTUDIO CAJAMARCA - SAN MARCOS - CAJABAMBA	

TESIS:
"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE PUNTOS NEGROS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN LA VIA DEPARTAMENTAL RUTA N° PE-3N TRAYECTORIA: CAJABAMBA - LA GRAMA - PTE CRISNEJAS - SAN MARCOS - MATARA - LLACANORA - CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

PLANO:
PLANO DE SEÑALIZACIÓN
ESCALA: INDICADA
FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA N°

SEÑ-02

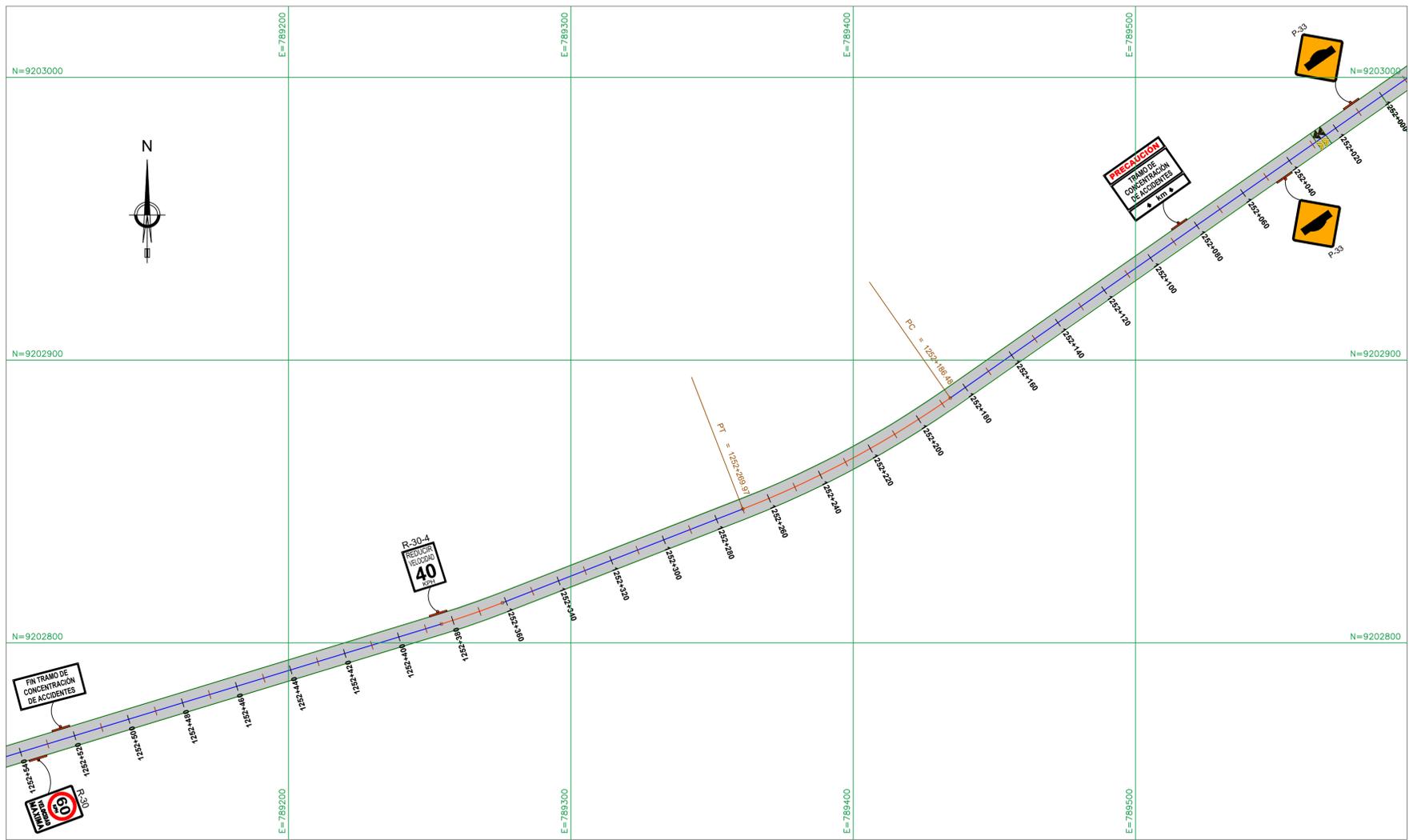


PLANO DE SEÑALIZACIÓN - PUNTO NEGRO N°5
ESCALA: 1/1,000

SEÑALIZACIÓN PROPUESTA	
TIPO	DESCRIPCIÓN
PRECAUCIÓN	PUNTO NEGRO DE ACCIDENTES
PRECAUCIÓN	FIN PUNTO NEGRO DE ACCIDENTES
BANDAS	BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA

SEÑALIZACIÓN EXISTENTE	
TIPO	DESCRIPCIÓN
P-2A	CURVA A LA DERECHA
P-2B	CURVA A LA IZQUIERDA
R-16	PROHIBIDO ADELANTAR
R-30	VELOCIDAD MÁXIMA
R-30-4	REDUCIR VELOCIDAD

LEYENDA / SIMBOLOGIA	
SEÑALIZACIÓN EXISTENTE	SEÑALIZACIÓN PROPUESTA

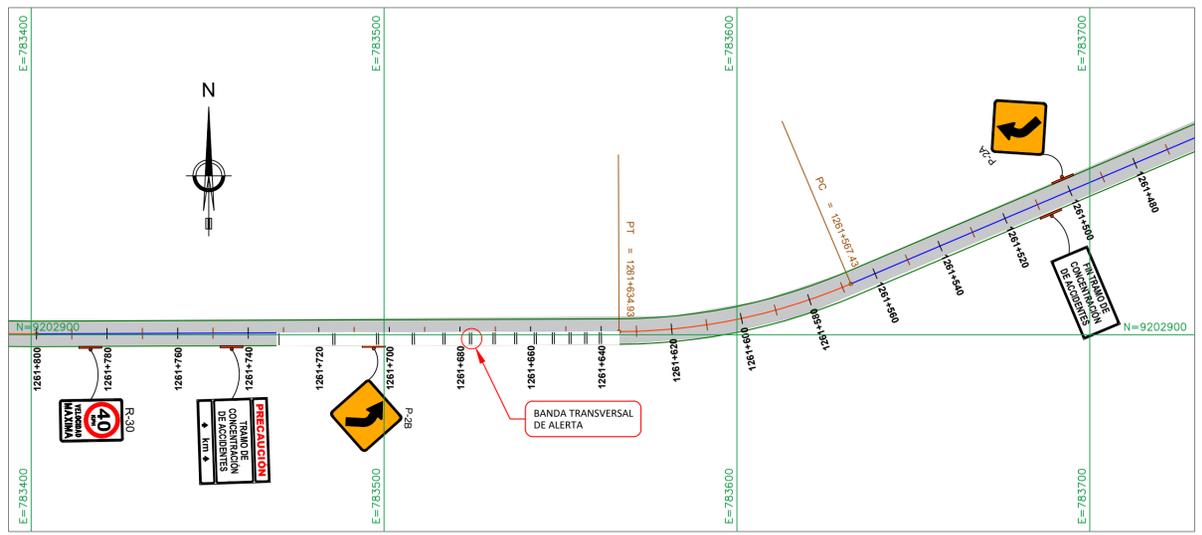


PLANO DE SEÑALIZACIÓN - PUNTO NEGRO N°6
ESCALA: 1/1,000

PUNTO NEGRO N°05	
PC=	1222+807.47
PT=	1222+850.18
LC=	42.71 m
RADIO=	80.00 m

PUNTO NEGRO N°06	
PC=	1252+186.48
PT=	1252+269.97
LC=	83.49 m
RADIO=	350.00 m

PUNTO NEGRO N°07	
PC=	1261+567.43
PT=	1261+634.93
LC=	67.50 m
RADIO=	170.00 m



PLANO DE SEÑALIZACIÓN - PUNTO NEGRO N°7
ESCALA: 1/1,000



REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
I		

TRAMO DE ESTUDIO: CAJAMARCA - SAN MARCOS - CAJABAMBA