

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS EN LA
SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA JAÉN – SAN IGNACIO
DESDE LA PROGRESIVA KM 22+000 HASTA KM 39+000 - 2024**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autores : Bach. Wilson Jhoel Banda Cieza

: Bach. Jhor Wily Toro Irureta

Asesora : Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña

Línea de investigación: Transporte

JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE, 2024

Wilson J. Banda Cieza; Jhor W. Toro Irureta

INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS EN LA SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA JAÉN - SAN IGNACI

 Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::20206:410283066

278 Páginas

Fecha de entrega

28 nov 2024, 9:18 a.m. GMT-5

93,180 Palabras

Fecha de descarga

28 nov 2024, 9:24 a.m. GMT-5

441,864 Caracteres

Nombre de archivo

Wilson Jhoel Banda Cieza y Jhor Wily Toro Irureta, Informe - JHOR WILY TORO IRURETA.pdf

Tamaño de archivo

21.8 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
100 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
142 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 12 de diciembre del año 2024, siendo las 8:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón
Secretario : Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
Vocal : Dr. Jeiden Revilla Arce

Para evaluar la Sustentación del **Informe Final** de:

- () Trabajo de Investigación
(**X**) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS EN LA SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO DESDE LA PROGRESIVA KM 22+00 HASTA KM 39+000-2024"**, presentado por los bachilleres **WILSON JHOEL BANDA CIEZA** y **JHOR WILY TORO IRURETA**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

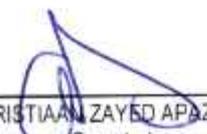
- (**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 9:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN
Presidente


Dr. CHRISTIAAN ZAYED APAZA PANCA
Secretario


Dr. JEIDEN REVILLA ARCE
Vocal

ÍNDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Antecedentes	5
1.5. Objetivo.....	13
II. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
2.2. Población, muestra y muestreo.....	15
2.3. Hipótesis.....	16
2.4. Variables.....	17
2.5. Materiales y métodos	17
2.6. Técnicas.....	19
2.7. Instrumentos	20
2.8. Procedimiento de recolección y procesamiento de datos.....	20
III. RESULTADOS.....	49
3.1. Realización del estudio de tráfico de la carretera Jaén-San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000.	49

3.2. Identificación de las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 mediante un levantamiento topográfico detallado.....	53
3.3. Evaluación de la seguridad vial de las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, de acuerdo a la consistencia geométrica y la normatividad vigente (DG-2018).	63
3.4. Propuestas de mejoras que puedan aplicarse a las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio para incrementar la seguridad vial desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000	111
IV. DISCUSIÓN.....	117
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
AGRADECIMIENTO	132
DEDICATORIA	133
ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales.....	17
Tabla 2 Índices medios diarios mensuales: estación de peaje Pomahuaca	27
Tabla 3 Clasificación por demanda.....	28
Tabla 4 Clasificación por orografía	29
Tabla 5 Parámetros de Diseño entre el Manual DG-2001 y DG-2018	30
Tabla 6 Dimensiones de los vehículos de referencia empleados en el análisis	32
Tabla 7 Evaluación de longitudes de tramos en tangente	33
Tabla 8 Distancias para el cálculo de la distancia de visibilidad de adelantamiento.....	36
Tabla 9 Longitud mínima en curvas verticales	40
Tabla 10 Criterio de evaluación I de Lamm, comparación de la velocidad de operación del percentil 85 con la velocidad de diseño	44
Tabla 11 Criterio de evaluación II de Lamm, comparación de la coherencia de la velocidad de operación.....	45
Tabla 12 Volumen vehicular semanal en ambas direcciones existente en la vía estudiada	49
Tabla 13 Resultados del estudio de tráfico de la carretera Jaén - San Ignacio (Prog. km22+000 - km39+000).....	53
Tabla 14 Elementos de curva.....	53
Tabla 15 Longitud de los tramos en tangente (entre tangencias).....	54
Tabla 16 Curvas verticales.....	55
Tabla 17 Sección transversal	56
Tabla 18 Tipo de orografía de terreno	57
Tabla 19 Características geométricas de la carretera Jaén-San Ignacio (Prog. km 22+000 – km 39+000).....	63
Tabla 20 Evaluación de longitud de curvas horizontales.....	64

Tabla 21 Evaluación de tramo en tangente	67
Tabla 22 Evaluación de distancia de visibilidad de parada en los tramos tangente	70
Tabla 23 Evaluación de distancia de visibilidad de adelantamiento en los tramos tangente...	72
Tabla 24 Radios mínimos	74
Tabla 25 Evaluación de sobrecanchos	76
Tabla 26 Evaluación de Pendientes	79
Tabla 27 Evaluación de distancia de visibilidad de las curvas verticales	81
Tabla 28 Evaluación de la longitud mínima de las curvas verticales	84
Tabla 29 Evaluación de la calzada	87
Tabla 30 Evaluación de bermas	89
Tabla 31 Evaluación de Peraltes	90
Tabla 32 Velocidades de operación tanto en curvas como recta	93
Tabla 33 Datos de evaluación de la geometría vial con los criterios de Lamm I y II.....	97
Tabla 34 Resumen de los resultados obtenidos en el análisis geométrico vial, en planta, perfil y sección transversal de la carretera Jaén – San Ignacio (Prog. Km 22+000 – km 39+000) de acuerdo a la normatividad vigente (DG-2018)	100
Tabla 35 Resultados de la evaluación de los elementos de la carretera Jaén – San Ignacio (Prog. Km 22+000 – km 39+000) de acuerdo a la consistencia geométrica	102
Tabla 36 Resumen de accidentes ocurridos en la carretera Jaén-san Ignacio (Prog. km 22+000 – km 39+000).....	105
Tabla 37 Resultados de incumplimiento de la normativa DG-2018 en tramos con mayor número de accidentes	109
Tabla 38 Fases del Plan de Acción	113
Tabla 39 Fase de construcción del plan de acción para el mejoramiento de la carretera Jaén-San Ignacio.....	114

Tabla 40 Cronograma de implementación para realizar las propuestas de mejoras	115
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Conteo vehicular -----	22
Figura 2 Levantamiento topográfico -----	24
Figura 3 Registro de velocidades -----	25
Figura 4 Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)-----	31
Figura 5 Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento -----	35
Figura 6 Sobrealto en las curvas -----	38
Figura 7 Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas-----	39
Figura 8 Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)-----	43
Figura 9 Trabajo de gabinete -----	48
Figura 10 Distribución del tráfico por día -----	50
Figura 11 Distribución del tráfico diario por tipo de vehículo-----	51
Figura 12 Distribución del tráfico por tipo de vehículo -----	52
Figura 13 Porcentaje de conformidad de longitud de curvas horizontales -----	65
Figura 14 Porcentaje de conformidad de los tramos en tangente-----	68
Figura 15 Porcentaje de conformidad de las distancias de visibilidad de parada en los tramos tangente -----	71
Figura 16 Porcentaje de conformidad de las distancias de visibilidad de adelantamiento en los tramos tangente -----	73
Figura 17 Porcentaje de conformidad de Radios mínimos -----	75
Figura 18 Porcentaje de conformidad del sobrealto -----	77
Figura 19 Porcentaje de conformidad de las pendientes-----	80
Figura 20 Porcentaje de conformidad de distancia de visibilidad en curvas verticales -----	83
Figura 21 Porcentaje de conformidad de las longitudes mínimas en curvas verticales -----	85
Figura 22 Porcentaje de conformidad de las pendientes-----	87

Figura 23 Porcentaje de conformidad de las bermas -----	89
Figura 24 Porcentaje de conformidad de los peraltes -----	91
Figura 25 Perfil de velocidad de operación de la carretera estudiada Jaén-San Ignacio (Prog. km 22+000 - km 39+000) -----	95
Figura 26 Porcentaje de cumplimiento con el DG-2018 -----	101
Figura 27 Porcentaje de la consistencia geométrica por criterio I de Lamm -----	102
Figura 28 Porcentaje de la consistencia geométrica por criterio II de Lamm -----	103
Figura 29 Accidentes mortales y no mortales 2020-2023 -----	106
Figura 30 Accidentes mortales y no mortales por progresiva en los años 2020-2023-----	107
Figura 31 Conteo vehicular-----	174
Figura 32 Conteo vehicular-----	174
Figura 33 Instalación de receptor base-----	175
Figura 34 Señalización de puntos de control (BMS)-----	175
Figura 35 Levantamiento topográfico de la calzada -----	176
Figura 36 Levantamiento topográfico de la calzada -----	176
Figura 37 Levantamiento topográfico del eje de la carretera -----	177
Figura 38 Levantamiento topográfico del eje de la carretera -----	177
Figura 39 Medición del ancho de calzada -----	178
Figura 40 Medición de la velocidad de operación-----	178
Figura 41 Inicio de tramo de carreta Jaén- San Ignacio -----	179
Figura 42 Fin de tramo de carreta Jaén- San Ignacio -----	179

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 PLANO DE UBICACIÓN -----	136
Anexo 2 PLANO CLAVE-----	138
Anexo 3 PLANO PLANTA Y PERFIL -----	142
Anexo 4 PLANOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL -----	160
Anexo 5 PANEL FOTOGRÁFICO -----	173
Anexo 6 CONTEO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS-----	180
Anexo 7 VALIDACIÓN DEL FORMATO DE CONTEO VEHICULAR-----	195
Anexo 8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES-----	202
Anexo 9 MATRIZ DE CONSISTENCIA -----	205
Anexo 10 INFORME POLICIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO-----	209
Anexo 11 COORDENADAS GEODÉSICAS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO -----	214
Anexo 12 CERTIFICADOS DE CURSO DE CAPACITACIÓN -----	265

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de las características geométricas en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio, específicamente en el tramo comprendido entre el Km 22+000 y el Km 39+000, durante el año 2024. Se empleó una metodología de tipo básica, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. Para la obtención de información, se realizaron un conteo vehicular para clasificar la carretera, la recopilación de un informe de accidentes, la medición de velocidades de operación, y un levantamiento topográfico del tramo estudiado. Con estos datos, se evaluaron las características geométricas de la carretera conforme al Manual de Carreteras DG-2018 y mediante el análisis de consistencia geométrica. Los resultados mostraron un incumplimiento generalizado de un 54.25% respecto a la normativa y una inconsistencia geométrica significativa en un 64% de los elementos evaluados entre regular y malo. Por lo que se concluyó que las características geométricas tanto en planta, perfil y sección transversal impactan negativamente en la seguridad vial de la carretera, confirmando así la hipótesis planteada en el estudio.

Palabras clave: características geométricas, seguridad vial, DG-2018, carretera Jaén-San Ignacio, consistencia geométrica.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of geometric characteristics on road safety for the Jaén - San Ignacio highway, specifically on the section between Km 22+000 and Km 39+000, during the year 2024. A basic methodology was employed, with a quantitative approach and a non-experimental design. To gather information, a traffic count was conducted to classify the highway, accident reports were collected, operating speeds were measured, and a topographic survey of the study section was carried out. With this data, the geometric characteristics of the highway were evaluated according to the DG-2018 Highway Manual and through geometric consistency analysis. The results showed a general non-compliance rate of 54.25% with the standards and a significant geometric inconsistency, with 64% of the evaluated elements rated between fair and poor. It was concluded that the geometric characteristics in plan, profile, and cross-section negatively impact the road safety of the highway, thus confirming the hypothesis proposed in the study.

Keywords: geometric characteristics, road safety, DG-2018, Jaén-San Ignacio highway, geometric consistency.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

A nivel internacional, ha habido una leve disminución en la cifra anual de fallecimientos debido a accidentes de tránsito, sin embargo, persiste un considerable impacto. Anualmente, 1,19 millones de personas pierden la vida por esta causa, lo que implica que los accidentes de tránsito cobran una vida cada 2 minutos y provocan más de 3200 defunciones diarias. Estos incidentes continúan siendo la principal causa de mortalidad entre los niños y jóvenes de 5 a 29 años. En países con ingresos bajos y medianos, se registra el 90% de las fatalidades relacionadas con accidentes de tránsito, y estas cifras son significativamente superiores en comparación con la proporción de vehículos y carreteras en estos países. La probabilidad de fallecer en estos países es tres veces mayor en comparación con los países desarrollados, a pesar de que los primeros poseen únicamente el 1% de los vehículos motorizados a nivel mundial (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2023).

La principal causa ante esta problemática se origina en el diseño inadecuado de las carreteras. Este diseño deficiente, que falla al no considerar adecuadamente las características geométricas como la velocidad de diseño, el tráfico esperado, el tipo de vehículos y las condiciones climáticas, pone en riesgo la eficacia de las infraestructuras viales a nivel global.

Este enfoque inadecuado en el diseño de las carreteras tiene un enfoque directamente a una disminución en la seguridad vial, evidenciada por un aumento en la probabilidad y severidad de los accidentes de tránsito a nivel mundial.

A nivel nacional, se contabilizó un número total de 930 personas fallecidas y 7,817 personas heridas debido a accidentes de tránsito, manifestando un incremento sustancial en contraste con los datos de años precedentes. Este fenómeno no solo denota una transformación significativa en las estadísticas, sino que también subraya inequívocamente la situación actual

que se experimenta en las vías de nuestro país (Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN), 2022, p.4). En el año 2020, se reportaron 38,447 heridos y 2,159 fallecidos, cifras que experimentaron un notorio aumento al cerrar el 2021 con 49,519 heridos y 3,032 fallecidos. Durante el transcurso del 2022, estas estadísticas continúan su ascenso, alcanzando la cifra de 53,544 heridos y 3,312 fallecidos debido a los 83,881 accidentes ocurridos. Este panorama subraya la preocupante realidad de la seguridad vial actualmente (Defensoria del Pueblo, 2023).

La deficiencia en el diseño de las características geométricas de las carreteras es la principal causa de problemas de seguridad vial. La falta de adaptación del diseño a las condiciones de tráfico y clima específicas del país compromete la funcionalidad y seguridad de las carreteras nacionales.

Esta negligencia en el diseño adecuado de las carreteras tiene un efecto en la disminución de la seguridad vial a nivel nacional, manifestada en un incremento en la ocurrencia de accidentes viales y en la vulnerabilidad de los usuarios de las carreteras.

A nivel regional y local, en el primer trimestre del año 2022, la región de Cajamarca se encuentra en la posición número once en términos de frecuencia de denuncias relacionadas con accidentes de tránsito, registrando un total de 540 incidentes. Asimismo, la región de Cajamarca registró un total de 1303 accidentes de tránsito en el año 2020. Sin embargo, para el año 2021, esta cifra experimentó un aumento, alcanzando los 2006 casos, lo que representa un significativo incremento del 53.95% en la incidencia de accidentes viales en la región (Anuario Estadístico Policial PNP, 2022). Durante el año 2022, se reportaron más de 2,100 incidentes de tránsito, resultando en una lamentable pérdida de 159 vidas y dejando a 1,802 personas con lesiones (ANDINA: Agencia Peruana de Noticias, 2023).

Específicamente en el tramo de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, el diseño inadecuado y la falta de consideración hacia las características geométricas adecuadas emergen como la causa principal que afecta la integridad de la infraestructura vial y su funcionalidad.

Esta deficiencia en la planificación y diseño de la carretera tiene como efecto una disminución en la seguridad vial en el tramo especificado. La seguridad de los usuarios se ve comprometida, reflejando un incremento en la probabilidad de accidentes de tránsito y subrayando la urgencia de reevaluar y mejorar las características geométricas de las carreteras en el ámbito local.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Influyen las características geométricas en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 vial - 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el estudio actual del tráfico en la carretera Jaén – San Ignacio, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000?
- ¿Cuáles son las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, identificadas mediante un levantamiento topográfico detallado?
- ¿Cómo afectan las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio a la seguridad vial, considerando la consistencia geométrica y la normatividad vigente (DG-2018)?

- ¿Qué mejoras pueden implementarse en las características geométricas de la carretera para incrementar la seguridad vial en el tramo desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000?

1.3. Justificación

Desde un punto de vista metodológico se justifica porque, proporcionará un camino organizado y científico para entender cómo son las carreteras y qué tan seguras son. Al identificar y evaluar las características geométricas de la vía, no solo estamos mejorando nuestro entendimiento actual sobre diseño vial y seguridad, sino que también estamos proporcionando un punto de partida sólido para investigaciones posteriores dado que no solo ayudará a mejorar lo que sabemos sobre ingeniería civil, sino que también será la base para futuros estudios y esfuerzos para hacer que las carreteras sean más seguras. A través de los resultados obtenidos, se determinará si las características geométricas de la vía cumplen con los estándares establecidos por la normativa actual, asegurando así un tráfico seguro y cómodo. Además, el desarrollo de este trabajo permitirá identificar áreas con una concentración notable de accidentes, con el propósito de proponer alternativas que prevengan y reduzcan los accidentes.

Desde un punto de vista técnico se justifica porque, queremos descubrir como el diseño de la carretera, las curvas cerradas, las subidas y bajadas, y otros detalles afectan la seguridad en la carretera Jaén – San Ignacio desde el km 22 al km 39 Al analizar estos aspectos, podremos hacer sugerencias técnicas para hacer que la forma de la carretera sea más segura y reducir los peligros al conducir. Además, este enfoque técnico nos ayudará a mejorar las reglas sobre cómo diseñar y planificar carreteras.

1.4. Antecedentes

1.4.1. Internacionales

Akinyi (2022) realizó la tesis llamada “Efecto de la coherencia del diseño geométrico en la seguridad vial: un estudio de caso de la carretera de circunvalación sur de Nairobi (UCA-2)-Kenia”. El objetivo principal de esta tesis fue determinar el efecto de la consistencia del diseño geométrico en la seguridad vial centrándose en la carretera Nairobi Southern Bypass (UCA-2). El estudio utilizó un enfoque de método mixto. La información primaria fue obtenida a través de la cumplimentación de cuestionarios, mientras que los datos secundarios fueron recopilados a partir de los registros de accidentes en las estaciones de policía de Karen, Langata y el área industrial. Los resultados arrojaron que entre junio de 2016 y abril de 2019 ocurrieron un total de 87 accidentes. También se estableció que el descuido de los conductores fue la razón principal detrás de los accidentes que ocurren en esta vía. Los hallazgos del estudio también se observó una clara correlación positiva entre la disminución de la velocidad y la incidencia de accidentes. El estudio concluyó que la consistencia del diseño geométrico puede mejorar significativamente la seguridad vial.

Alghafli et al. (2021) realizaron un estudio titulado “El efecto de las condiciones geométricas de las carreteras en el rendimiento de seguridad de las intersecciones viales de Abu Dhabi”. El objetivo del estudio fue examinar cómo las condiciones operativas y geométricas de las carreteras afectan el rendimiento de seguridad de diferentes tipos de intersecciones en Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos. El estudio utilizó un modelo de regresión binomial negativa, regresión Poisson y Multi-Nominal Logit para examinar la relación entre las condiciones geométricas de las carreteras y las intersecciones de seguridad en Abu Dhabi. Se utilizaron datos sobre accidentes graves en intersecciones durante un período de 5 años. Los resultados mostraron que la mayoría de los accidentes ocurren cuando una vía secundaria pasa por una intersección. Además, se encontró que el número de carriles asociados

con diferentes configuraciones de intersección es un indicador importante para medir las condiciones geométricas de las carreteras. En conclusión, se sugiere que se realicen más estudios para evaluar otros factores que puedan afectar la seguridad vial en Abu Dhabi.

Tesema (2020) realizó la tesis titulada “Efecto de los parámetros de diseño geométrico en los accidentes de tránsito a lo largo de la sección Black Spot; Un caso de estudio Puente entre la ciudad de Sekoru y el río Gibe – Etiopía”. El objetivo principal de esta tesis fue identificar los efectos de los parámetros de diseño geométrico en los accidentes de tráfico a lo largo de una sección de punto negro de la carretera entre la ciudad de Sekoru y el puente del río Gibe en Etiopía. El estudio utilizó un enfoque de método mixto. La información primaria se obtuvo mediante entrevistas y la cumplimentación de cuestionarios con conductores, peatones y policías de tránsito. Los datos secundarios se recopilaron de la Autoridad de Carreteras de Etiopía y la Comisión de Policía de Etiopía. Como resultados el estudio encontró que los siguientes parámetros de diseño geométrico se correlacionaron significativamente con los accidentes de tránsito: ancho de carril, ancho de hombro, radio de curvas, longitud de la curva vertical, distancia de visibilidad. El estudio concluyó que los parámetros de diseño geométrico pueden afectar significativamente el riesgo de accidentes de tránsito.

Jara y Mestre (2020) realizaron un estudio titulado “Análisis de seguridad vial en una intersección de alta accidentalidad en el municipio de Aguazul-Casanare, Colombia”, su objetivo principal fue identificar los factores que contribuyen a estos accidentes y recomendar mejoras para mejorar la seguridad vial. La metodología del estudio fue sólida y rigurosa, utilizando diversas fuentes de datos y métodos para recopilar información sobre los accidentes en la intersección. Además, se realizó una inspección del sitio para evaluar el diseño geométrico, la señalización y las condiciones del camino. El estudio identificó los principales factores contribuyentes a los accidentes en la intersección, que incluyen un diseño geométrico deficiente, señalización inadecuada y malas condiciones de la carretera. Estos factores afectan

la visibilidad, las decisiones de los conductores y la capacidad de mantener el control del vehículo en la intersección. En conclusión, el estudio recomienda una serie de mejoras para la intersección, que incluyen: rediseño de la intersección, mejorar la señalización y reparación de la superficie del camino.

Montoya y Garrido (2020) realizaron la tesis titulada “Criterios de diseño geométrico, seguridad y operación en el diseño de caminos verticales. Análisis comparativo entre los manuales de INVIAS (Colombia), Ministerio de Obras Públicas (España) y AASHTO (EE.UU.)” El objetivo de esta tesis fue de comparar los criterios de diseño geométrico, seguridad y operación en el diseño de carreteras verticales en los manuales de INVIAS (Colombia), Ministerio de Obras Públicas (España) y AASHTO (EE.UU.). La metodología fue la siguiente: se llevó a cabo una revisión bibliográfica para identificar los criterios de diseño geométrico, seguridad y operación en el diseño de vías verticales. Se analizaron los manuales del INVIAS, Ministerio de Obras Públicas y AASHTO para obtener los criterios específicos de diseño. Los resultados de la tesis muestran similitudes en el uso de la distancia visual, el peralte y las curvas verticales, pero diferencias en los valores específicos utilizados. El estudio concluyó que es necesario establecer criterios armonizados para el diseño geométrico, seguridad y operación de carreteras verticales, considerando valores específicos de distancia visual, peralte y curvas verticales basados en las condiciones de la carretera, y revisando periódicamente los criterios para garantizar su actualización y reflejar las últimas investigaciones y mejores prácticas.

1.4.2. Nacionales

Romo (2022) realizó la tesis llamada "Influencia del Diseño Geométrico en Seguridad Vial de Carreteras con Bajo Volumen de Tránsito No Pavimentada Llochegua - Canayre - Huanta 2018" tuvo como objetivo determinar la influencia del diseño geométrico en la seguridad vial en vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito en zonas rurales del distrito

de Llochegua - Canayre – Huanta. Este estudio se realizó mediante un método analítico-sintético, se seleccionó para el estudio un tramo de 2 km de vía para recopilar datos, incluidos conteos de tráfico, datos de accidentes y encuestas de carreteras. Los resultados del estudio mostraron que un diseño geométrico deficiente puede aumentar el riesgo de accidentes de tráfico en carreteras sin pavimentar con poco volumen de tráfico. En conclusión, se determinó que es importante mejorar el diseño geométrico de estas vías para reducir el riesgo de accidentes.

Romero (2022) realizó la tesis titulada "Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial" tiene como objetivo principal analizar y evaluar las características geométricas de una vía para la seguridad vial (el estudio se realizó en la vía Casma – Cruz Punta – Pariacoto en Perú). El estudio utilizó una metodología descriptiva, que incluyó un análisis documental, un levantamiento topográfico y el uso de fichas técnicas y fotografías. Los resultados del estudio mostraron que varios tramos de la vía no cumplían con los estándares de seguridad geométrica recomendados por la norma DG-2001. Por ejemplo, la carretera tenía varias curvas demasiado cerradas y los arcenes demasiado angostos. Estos factores contribuyeron al alto número de accidentes en la carretera. Con estos resultados, se concluyó que el camino no es seguro y que se necesitan mejoras para mejorar la seguridad vial.

Cubas (2021) realizó un estudio titulado "Influencia de las características geométricas de la carretera San Juan-Choten en la seguridad vial-Cajamarca" tiene como objetivo determinar cómo las características geométricas de esta carretera influyen en la seguridad vial. La metodología utilizada incluyó la evaluación de la clasificación de la carretera, las propiedades geométricas y las velocidades de operación, así como los segmentos de carretera donde se registró la mayor cantidad de accidentes. Los resultados revelan que el tramo San Juan - Choten presenta una alta frecuencia de accidentes en la región de Cajamarca. Además, se encontró que

las características geométricas del tramo no cumplen con los requisitos establecidos por las normas actuales y tienen un impacto negativo en la seguridad de las carreteras. Como propuesta de mejora, se sugiere realizar mejoras en el diseño geométrico del tramo para reducir los riesgos asociados a su uso. En conclusión, se confirma que las propiedades geométricas de la carretera San Juan Choten tienen una influencia significativa en la seguridad vial y es necesario tomar medidas para mejorarlas.

Quispealaya (2021) realizó la tesis titulada "Determinación de un tramo de concentración de accidentes del km 90 al km 130 de la carretera Central Lima – La Oroya y propuesta de mejoramiento en la señalización y seguridad vial para reducir la tasa de accidentes de tránsito". El objetivo principal de esta tesis fue identificar una concentración de accidentes en la Carretera Central entre Lima y La Oroya, desde el km 90 hasta el km 130, y proponer mejoras en la señalización y seguridad vial para reducir la siniestralidad vial. La metodología utilizada en esta tesis fue un relevamiento del estado actual de la vía, así como un análisis de los datos de accidentes de tránsito de durante el quinquenio anterior. Los resultados mostraron que la carretera tiene una serie de factores que contribuyen a los accidentes de tránsito, entre ellos: el camino es estrecho y sinuoso, una serie de curvas ciegas, falta de hombros, falta de señales de tráfico, falta de educación de los conductores sobre la seguridad vial. La conclusión de esta tesis es que la mejora de la señalización y seguridad vial en la vía ayudaría a reducir el número de accidentes de tráfico. El plan propuesto para el mejoramiento de la carretera incluye: ensanchamiento de la vía, eliminación de curvas ciegas, construcción de hombros, instalación de señales de tráfico, educar a los conductores sobre seguridad vial.

Bautista (2021) realizó un estudio llamado "Análisis de la seguridad vial desde el diseño geométrico de la carretera Canchaque - Huancabamba". El objetivo principal de la tesis fue analizar el diseño geométrico proyectado inicialmente y proponer medidas para mejorar la seguridad vial en la carretera mencionada. La metodología utilizada incluyó una evaluación del

diseño geométrico en planta, perfil y transversal, así como un análisis de las zonas laterales y medianas. Los resultados indicaron no se satisfacían los requisitos mínimos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. En conclusión, se propusieron recomendaciones para mejorar la seguridad vial en la carretera Canchaque - Huancabamba a través de ajustes al diseño geométrico y mejoras en las zonas laterales y medianas.

1.4.3. Regionales

Carrío (2022) realizó un estudio titulado "Análisis de la consistencia de las características geométricas para la seguridad vial de la carretera Cajamarca - C.P. Candopampa según las normas de diseño geométrico de carreteras DG - 2018" tiene como objetivo general analizar la consistencia de las características geométricas para la seguridad vial en dicha carretera. La metodología utilizada incluye el análisis de las características geométricas, vehículo de diseño y velocidades de operación, así como el procedimiento del trabajo de campo y gabinete. Los resultados obtenidos muestran que la falta de cumplimiento de las propiedades geométricas según los parámetros mínimos establecidos influye negativamente en la seguridad vial. En conclusión, se recomienda mejorar las propiedades geométricas para garantizar una mayor seguridad vial en la carretera Cajamarca - C.P. Candopampa.

Avila (2022) realizó la tesis titulada "Análisis de la seguridad vial de la carretera centro poblado El Llimbe – Caserio La Laguna Sulluscocha en función a la consistencia, Cajamarca 2021". La tesis tuvo como objetivo principal analizar la seguridad vial de la carretera El Llimbe – Caserio La Laguna Sulluscocha en Cajamarca, Perú, en relación a la consistencia de la superficie de la carretera. La metodología utilizada fue un estudio descriptivo, con datos recolectados a través de una encuesta a conductores y peatones. Los resultados mostraron que la superficie de la carretera estaba en malas condiciones, con muchos baches y grietas. Se descubrió que esto es un factor importante en los accidentes de tráfico, ya que los conductores y peatones a menudo se desvían bruscamente para evitar los baches, lo cual puede dar lugar a

la pérdida de control del vehículo o la colisión con otros vehículos o peatones. La conclusión de la tesis fue que la superficie de la carretera debe ser reparada para mejorar la seguridad vial.

Martos (2021) realizó la tesis llamada "Influencia de las características geométricas de la carretera Catan-Yuracmarca del distrito de Jesús de la provincia de Cajamarca, en la seguridad vial". El objetivo principal de la investigación fue determinar si las características geométricas de la carretera Catan-Yuracmarca influyen en la seguridad vial del distrito de Jesús en la provincia de Cajamarca, Perú. Para ello, se realizó un levantamiento topográfico y un inventario detallado de los parámetros de las propiedades geométricas de la carretera y evaluar su diseño para determinar si cumplían con los estándares necesarios para una carretera segura. Los resultados mostraron que existen deficiencias en algunas características geométricas que pueden afectar negativamente la seguridad vial. En las conclusiones, se recomienda tomar medidas para mejorar estas deficiencias y garantizar una mayor seguridad en la carretera Catan-Yuracmarca. Además, se destaca que el estudio puede ser utilizado como base para futuras investigaciones sobre el tema y se enfatiza en la importancia del diseño adecuado de las carreteras para garantizar una mayor seguridad vial.

Terrones (2020) realizó la tesis titulada Claro, "Análisis de la seguridad vial de la carretera Celendín - Balzas tramo C.P. Santa Rosa - caserío Gelig en función a sus características geométricas" El objetivo principal de esta tesis fue evaluar la seguridad vial de la vía Celendín - Balzas, C.P. Santa Rosa - Pueblo de Gelig, en base a sus características geométricas. La metodología utilizada en esta tesis fue un análisis comparativo de las propiedades geométricas de la vía con los estándares establecidos en el manual de la DG-2018, así como las señales de tránsito y el registro de accidentes de la vía. Los resultados del estudio demostraron que la vía carece de las condiciones necesarias para garantizar una seguridad vial adecuada y confiable tanto para vehículos como para peatones. En conclusión, se determinó que es necesario mejorar la carretera para mejorar la seguridad vial. Esto podría lograrse

mejorando las características geométricas de la vía, instalando más señales de tránsito y reduciendo el límite de velocidad.

Arribasplata (2019) realizó la tesis titulada "Influencia de las características geométricas de la carretera entre C.P. Malat - San Antonio - El Tambo, distrito de José Sabogal - San Marcos - Cajamarca, para la seguridad de la Vía", el objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de las características geométricas de la carretera entre C.P. Malat - San Antonio - El Tambo, distrito de José Sabogal - San Marcos - Cajamarca, para la seguridad de la Vía. Se hizo un estudio descriptivo transversal, donde se recolectaron datos a través de una revisión documental y una encuesta a los usuarios de la carretera. Los resultados mostraron que las propiedades geométricas de la vía, tales como la geometría de la carretera, la visibilidad, la señalización y las condiciones de la superficie, tienen una influencia significativa en la seguridad de la vía. Y como conclusión se recomienda que se lleven a cabo mejoras en las características geométricas de la carretera para mejorar su seguridad.

1.4.4. Locales

Solano (2018) realizó la tesis titulada "Implementación de señalización de tránsito para la prevención de accidentes en las avenidas Mesones Muro y Pakamuros de la ciudad de Jaén". El objetivo principal de esta tesis fue proponer un plan de implantación de señales de tráfico en las avenidas Mesones Muro y Pakamuros de la ciudad de Jaén, con el fin de prevenir accidentes de tráfico. La metodología utilizada en esta tesis fue un levantamiento del estado actual de las señales de tránsito en las dos avenidas, así como un análisis de los datos de accidentes de tránsito de los últimos cinco años. Los resultados arrojaron que existe una falta de señalización vial en las dos avenidas, y que la señalización existente muchas veces se encuentra en mal estado. Además, los datos de accidentes de tránsito mostraron un incremento en la cantidad de accidentes en ambas avenidas en los últimos años. La conclusión de esta tesis

es que la implementación de señales de tránsito en las dos avenidas ayudaría a disminuir el número de accidentes de tránsito. El plan propuesto para la implementación de señales de tránsito incluye la instalación de nuevas señales, la reparación de las señales existentes y la educación de los conductores y peatones sobre la importancia de las señales de tránsito.

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo general:

Determinar la influencia de las características geométricas en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva km 22+000 hasta km 39+000 - 2024.

1.5.2. Objetivos específicos:

- Realizar el estudio de tráfico de la carretera Jaén-San Ignacio, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000.
- Identificar las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 mediante un levantamiento topográfico detallado.
- Evaluar la seguridad vial de las características geométricas en la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, de acuerdo a la consistencia geométrica y la normatividad vigente (DG-2018).
- Proponer mejoras que puedan aplicarse a las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio para incrementar la seguridad vial desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo

Según Hernández et al. (2014) una investigación básica consiste en producir conocimiento y teorías.

La investigación propuesta se clasificó como básica debido a su objetivo fundamental de ampliar el conocimiento teórico sobre la relación entre las características geométricas de la carretera Jaén -San Ignacio y la seguridad vial en el tramo específico entre las progresiva km 22+000 hasta km 39+000. Aunque la investigación abordó aspectos prácticos y aplicados, su enfoque central residió en la comprensión profunda de los principios y factores que subyacen a la seguridad vial en términos de diseño geométrico de carreteras. Este tipo de investigación buscó contribuir a la base teórica y conceptual del campo, generando conocimiento que puede ser aplicado en futuras intervenciones o mejoras prácticas. Al haber realizado levantamientos topográficos, estudios de tráfico y evaluaciones de seguridad, se recopiló información empírica valiosa. Sin embargo, la esencia de esta investigación radicó en la comprensión teórica y conceptual de cómo las características geométricas influyen en la seguridad vial, contribuyendo así al cuerpo de conocimientos existente en ingeniería vial y seguridad en carreteras.

2.1.2. Diseño

Según Hernández et al. (2014) los estudios descriptivos tienen como objetivo detallar las cualidades, rasgos y patrones de individuos, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno objeto de estudio. En otras palabras, su propósito es únicamente evaluar o recopilar datos, de forma individual o colectiva, acerca de los conceptos o variables considerados.

Según su diseño, este estudio se clasificó como no experimental debido a que se limitó a observar y analizar las variables en su estado original. Las variables de interés incluyeron las características geométricas y la seguridad vial asociada al tramo de carretera estudiado. Este enfoque permitió capturar fielmente la situación actual del diseño vial y su impacto en la seguridad, sin interferir en las condiciones naturales de la infraestructura. Para evaluar la influencia de estas características geométricas en la seguridad vial, se realizaron verificaciones detalladas de conformidad con los parámetros establecidos en el Manual De Carreteras DG-2018 y mediante la consistencia geométrica, asegurando que los elementos geométricos, como radios de curva, pendientes, peraltes, etc. cumplieran con los estándares de seguridad.

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

Según Hernández et al. (2014) población es el conjunto que incluye todos los elementos que cumplen con ciertos requisitos.

La población en la presente investigación fue la vía que une Jaén – San Ignacio.

2.2.2. Muestra

Según Hernández et al. (2014) la muestra es un subgrupo de la población de interés (sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión), éste deberá ser representativo de la población.

En este estudio, la muestra comprendió desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 de la carretera Jaén-San Ignacio. La elección de este tramo no solo respondió a criterios de accesibilidad (facilidad de acceso físico al tramo seleccionado) y factibilidad (viabilidad técnica y económica para realizar el levantamiento topográfico y análisis), sino a su destacada representatividad en términos de demanda vehicular y condiciones de tráfico, aspectos críticos para la seguridad vial en la totalidad de la carretera. Este segmento fue escogido porque abarca

zonas con un historial considerable de accidentes de tránsito, lo cual permite analizar de manera directa las características geométricas y las condiciones de seguridad que son comunes a lo largo de la vía.

La extensión de este tramo ofrece un análisis suficientemente exhaustivo para entender y extrapolar patrones de tráfico y factores de riesgo relevantes en otros tramos de la carretera. Sin embargo, se considera que en futuras investigaciones sería beneficioso incorporar análisis de otros tramos con características específicas para validar y enriquecer los hallazgos obtenidos en este estudio.

2.2.3. Muestreo

Según Westreicher (2021) el muestreo no probabilístico viene a ser la selección de la muestra como un proceso arbitrario que depende de los investigadores.

En el marco de esta investigación, se utilizó el muestreo no probabilístico. Esta elección se fundamenta en el hecho de que el investigador, de manera deliberada, realiza la selección de las muestras en función de criterios subjetivos, en contraste con la aplicación de métodos de selección aleatoria. Este método específico de muestreo permitió ejercer juicio y experiencia para identificar y elegir deliberadamente las unidades de análisis que se consideró más representativas o pertinentes para los objetivos de esta investigación. Aunque este enfoque puede carecer de la aleatoriedad inherente al muestreo probabilístico, se seleccionó con la intención de maximizar la relevancia y la adecuación de las muestras a las metas específicas de este estudio particular.

2.3. Hipótesis

Las características geométricas tanto en planta, perfil y sección transversal influyen en un 71% en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 - 2024.

2.4. Variables

2.4.1. Variable dependiente

Seguridad vial

2.4.2. Variable independiente

Características geométricas

2.5. Materiales y métodos

2.5.1. Materiales

Tabla 1

Materiales

Equipos y accesorios	
Wincha métrica – Stanley (50m)	Cinta larga de fibra de vidrio o acero usada para medir distancias precisas en topografía y construcción.
Cámara fotográfica	Dispositivo que captura imágenes mediante la proyección de luz sobre un sensor digital o película, permitiendo registrar momentos visuales de manera permanente.
Receptor Referencia (Base) – CHCNAV i90 GNSS	Receptor GPS fijo que se coloca en una ubicación con coordenadas conocidas. El receptor base registra su posición GPS y la compara con su posición real. La diferencia entre estas dos posiciones se calcula y se utiliza para corregir los datos del receptor móvil. El receptor CHCNAV i90 GNSS IMU-RTK es de alto rendimiento, que combina un motor RTK GNSS de última generación y un sensor IMU avanzado.
Receptor Móvil (Rover) – CHNAV i90 GNSS	Receptor portátil, se mueve a través del área de interés. Recibe señales GPS y aplica las correcciones que le envía el receptor base para mejorar la precisión de su posicionamiento.

Antenas GPS - CHCNAV P5 GNSS	Captura señales de los satélites GPS y las transmite al receptor Base y/o Móvil. La antena CHCNAV P5 GNSS es inteligente para aplicaciones de estaciones de referencia CORS y redes GNSS.
Trípode - CHCNAV	Utilizado para montar la antena del receptor de referencia en una posición fija y estable, asegurando mediciones precisas y confiables durante el levantamiento topográfico.
Jalón - CHCNAV	Jalón ligero y resistente para sostener el receptor móvil en una posición elevada y estable.
Controlador o colector de datos - CHCNAV LT800H	Dispositivo portátil para interactuar con el receptor móvil, visualizar y almacenar datos. El controlador CHCNAV LT800H es una Tablet robusta con Android para la recolección de datos GIS de alta precisión.
Baterías - CHCNAV i90	Proveen energía a los receptores. Batería CHCNAV i90 es recargable de 3400 mAh, 7.4 V, con una duración de hasta 10 horas en modo estático.
GPS – Garmin eTrex 10	Cuenta con un receptor GPS para captar y recibir señales.
Computadoras Portátil Lenovo (Laptops)	Las computadoras portátiles Lenovo, una equipada con procesador AMD Ryzen 7 y otra con procesador Intel Core i7, destacan por su rendimiento avanzado y capacidad multitarea, permitiendo ejecutar software especializado para análisis de datos, elaboración de gráficos y redacción de documentos técnicos.

La tabla 1 muestra los materiales utilizados en este estudio.

2.5.2. Métodos

La presente investigación se realizó mediante el método hipotético-deductivo.

Según (Bernal Torres, 2010) el método hipotético-deductivo consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos.

2.6. Técnicas

2.6.1. Observación

A través, de esta técnica se logró examinar el tramo de carretera Jaén - San Ignacio desde Km 22+000 hasta Km 39+000. Se realizó una observación detallada de las características geométricas de la carretera, incluyendo curvas, pendientes, intersecciones y señalización. Esta observación permitió identificar elementos críticos que podrían influir en la seguridad vial.

2.6.2. Procesamiento de datos

Para este estudio, se realizó un levantamiento topográfico detallado utilizando equipos especializados, como GPS diferencial. Los datos topográficos y geométricos obtenidos fueron procesados utilizando AutoCAD Civil 3D. A partir de estos datos, se creó una superficie topográfica del tramo de carretera. Se generaron perfiles longitudinales y secciones transversales, y se realizó un análisis detallado de las características geométricas de la carretera. Este procesamiento permitió evaluar la conformidad del tramo con los estándares de seguridad vial e identificar áreas de riesgo potencial.

2.6.3. Revisión bibliográfica

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de estudios previos, normativas y estándares relacionados con la seguridad vial y el diseño geométrico de carreteras. Esta revisión incluyó el análisis de fuentes como el Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG – 2018, artículos académicos y otros documentos relevantes. La revisión bibliográfica permitió entender los factores que influyen en la seguridad vial, identificar metodologías y enfoques

utilizados en investigaciones similares, y establecer criterios de evaluación para el análisis del tramo estudiado.

2.7. Instrumentos

2.7.1. Formatos de conteo vehicular

En el estudio de la carretera Jaén - San Ignacio, se utilizó para contar los vehículos que transitan diariamente, diferenciando por tipo, durante 07 días de 00:00 horas hasta las 24:00 horas. Esto permitió calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA), esencial para el análisis de tráfico y la clasificación de la vía.

2.7.2. Software Civil 3D 2020

En este estudio, Civil 3D se utilizó para procesar los datos topográficos y geométricos obtenidos durante el levantamiento topográfico. Los datos fueron importados al software, donde se creó una superficie topográfica detallada del tramo de carretera. Se generaron perfiles longitudinales y secciones transversales, lo que permitió analizar la geometría de la carretera, identificar áreas de riesgo y evaluar la conformidad con los estándares de seguridad vial.

2.7.3. Software AutoCad 2020

En este estudio, AutoCAD 2020 se utilizó para la elaboración y edición de planos detallados del tramo de carretera Jaén - San Ignacio. Los datos geométricos procesados en Civil 3D fueron exportados a AutoCAD 2020 para la creación de planos en 2D que representaran las características del tramo. Estos planos incluyeron detalles sobre curvas, pendientes, intersecciones y señalización, y fueron fundamentales para documentar el estado actual de la carretera y las propuestas de mejora.

2.8. Procedimiento de recolección y procesamiento de datos

Etapas 1: Solicitud de Información de Accidentes

En esta primera etapa, se envió una solicitud formal a la Policía Nacional del Perú para obtener el informe de accidentes ocurridos en el tramo estudiado durante los últimos 4 años (Anexo 10). Esta información fue crucial para analizar la seguridad vial y determinar las áreas de mayor riesgo en la carretera Jaén - San Ignacio. Los datos recopilados de este informe fueron organizados y preparados para su análisis posterior.

Etapa 2: Conteo Vehicular

En esta etapa, se identificaron los puntos estratégicos para realizar el conteo vehicular en la carretera Jaén - San Ignacio. Se seleccionó un punto de conteo, ubicado en la progresiva km 22+000. El conteo de vehículos se realizó durante 07 días consecutivos, de 0:00 horas hasta las 24:00 horas. Durante este periodo, se registró el tipo de vehículo y la cantidad que transitaba cada día, utilizando un formato de conteo vehicular (Anexo 6) siendo validado por ingenieros civiles (Anexo 7). Los datos obtenidos permitieron calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA), esencial para el análisis de tráfico y la clasificación de la vía.

Figura 1

Conteo vehicular



Nota. En la figura 1, se muestra el proceso de conteo vehicular en la carretera Jaén - San Ignacio, en la progresiva KM 22+000. Un tesista, equipado con casco y chaleco, registra el tránsito de vehículos. En la imagen, se observan una combi, una moto lineal, una camioneta Pick-up y dos mototaxis, reflejando el entorno urbano del área estudiada.

Etapa 3: Levantamiento topográfico

a. Reconocimiento de la zona

Dado el carácter accidentado del terreno, con pendientes pronunciadas, se optó por realizar el reconocimiento utilizando como medio de transporte un mototaxi, lo cual permitió acceder a zonas de difícil alcance y evaluar in situ las condiciones del terreno. Complementariamente, se empleó Google Earth para obtener una perspectiva general de la zona y planificar preliminarmente la ubicación de puntos de control. Estos puntos fueron seleccionados considerando factores como la visibilidad, la accesibilidad y la representatividad de las diferentes características topográficas del área.

b. Levantamiento topográfico

- Una vez hecho el reconocimiento de la zona, se procedió a la instalación del receptor base cerca del km 24+000, fuera de la carretera, para no obstruir el tránsito y asegurar la mejor visibilidad posible al cielo.
- Se establecieron las coordenadas del punto base usando métodos de posicionamiento estático, con un tiempo de observación de aproximadamente 2 horas para asegurar una precisión mínima de ± 1 cm en los ejes X, Y, y Z; asegurando la máxima precisión.
- Con el receptor base operando, se procedió a la toma de datos con el receptor móvil (rover), comenzando desde el km 22+000 en puntos clave como el eje de la carretera, bordes, taludes, y terreno adyacente cada 20 metros.
- Se tomaron las coordenadas y cotas de cada punto, permitiendo así captar la configuración de la carretera y sus características geométricas.
- Para asegurar un control riguroso de precisión y exactitud, se establecieron 4 puntos de control (Benchmarks, BM) a lo largo del tramo estudiado. Creando una red de referencia fiable para corregir y validar los datos. Por ejemplo, el BM-1 se ubicó en la progresiva km 24+000 del tramo.
- Al avanzar en el levantamiento, se reubicó continuamente el receptor base para mantener la precisión. Se movió el equipo a un nuevo punto base, asegurando que los datos mantuvieran su precisión a lo largo del tramo de carretera estudiada.
- Se repitió el proceso de configuración en cada nueva ubicación del receptor base, orientando el rover según las coordenadas del nuevo punto base y continuando con la toma de datos.

Figura 2*Levantamiento topográfico*

Nota. En la figura 2 se observa la configuración del receptor base del GPS diferencial en la progresiva km 34+500. Este punto es crucial para establecer la referencia en el levantamiento topográfico de los 17 km del tramo de carretera, asegurando la precisión de los datos que se emplearán en el replanteo de la vía.

c. Medición de los elementos de la carretera concerniente al diseño geométrico sección transversal

Utilizando una wincha se hizo mediciones precisas. Estas mediciones abarcaron las calzadas, determinando su anchura efectiva, así como las bermas, que son fundamentales para la seguridad y maniobra de vehículos en situaciones de emergencia. Asimismo, se midió el ancho de carril, esencial para evaluar la seguridad vehicular y su adecuación a las normativas vigentes, y los sobreeanchos en curvas, importantes para la correcta circulación de vehículos pesados o en condiciones difíciles.

Etapla 4: Medición de la velocidad de operación (V85)

El procedimiento para obtener la velocidad de operación consistió en cronometrar el tiempo que tarda un vehículo en recorrer una distancia conocida, delimitada por dos conos, utilizando la ecuación física (distancia/tiempo=velocidad), Adicionalmente, se utilizó una cámara de video para registrar las velocidades de los vehículos tanto en curvas como en rectas del tramo estudiado.

Figura 3

Registro de velocidades



Nota. La figura 3 ilustra el procedimiento de medición de la velocidad de operación llevado a cabo en el tramo Jaén-San Ignacio (km 22+000 al km39+000).

Etapla 5: Procesamiento y Análisis de Datos

Una vez completado el trabajo de campo, que incluyó el levantamiento topográfico, el conteo manual de vehículos, la medición de la velocidad de operación y el informe de accidentes de tránsito en el tramo de carretera estudiada, se procedió al procesamiento de la información obtenida en gabinete.

Los datos recolectados con el GPS diferencial fueron transferidos a la computadora en formato .txt y luego importados al software AutoCAD Civil 3D para su procesamiento. Cabe mencionar que los investigadores recibimos capacitación específica en el uso de este software a través de un curso especializado (Anexo 12), lo cual aseguró un manejo técnico adecuado y preciso en el modelado de la carretera. En esta etapa, se modeló la carretera, generando curvas de nivel cada 2 metros y elaborando los planos tanto en planta, perfil, y secciones transversales (Anexo 1, 2, 3 y 4). Esto permitió un análisis detallado de la geometría del tramo de carretera.

Adicionalmente, se llevó a cabo el análisis de tráfico utilizando los datos del Índice Medio Diario Anual (IMDA), calculado durante la etapa de conteo vehicular realizado durante 7 días. Este análisis permitió evaluar la densidad de tráfico y los patrones de circulación, información que es clave para la clasificación de la carretera. Dicha clasificación es fundamental para llevar a cabo un nuevo diseño de la carretera conforme a la normativa vigente.

Por otro lado, se revisaron y analizaron el informe de accidentes proporcionados por la Policía Nacional del Perú. Este análisis se centró en identificar patrones y causas comunes de accidentes en el tramo estudiado, lo que proporcionó información valiosa para el diseño de medidas de seguridad en el nuevo proyecto de carretera.

Además, se procesaron y analizaron las velocidades de operación, se llevaron a cabo los cálculos necesarios en gabinete para obtener información detallada sobre la velocidad real a la que circulan los vehículos en el tramo evaluado, eso permitió calcular el percentil 85 y definir la velocidad de operación representativa para cada sección. Estos datos resultaron cruciales para evaluar la consistencia geométrica de la carretera.

A continuación, se detallan los procedimientos realizados para cada objetivo específico:

Objetivo específico 1:

– Cálculo del IMDA:

Vehículos ligeros:

$$IMDS = \frac{VOLUMEN SEMANAL}{7}$$

$$IMDS = \frac{19508}{7}$$

$$IMDS = 2787 \text{ vehículos/ Día}$$

Vehículos pesados:

$$IMDS = \frac{VOLUMEN SEMANAL}{7}$$

$$IMDS = \frac{5308}{7}$$

$$IMDS = 758 \text{ vehiculos/Dia}$$

Ahora usamos la siguiente fórmula para el IMDA.

$$IMDA = IMDS * FC$$

Tabla 2

Índices medios diarios mensuales: estación de peaje Pomahuaca

Vehículos	F. Corrección
Ligeros	1.143
Pesados	1.0577

Nota: factor de corrección de vehículos ligeros y pesados por unidad de peaje-promedio 2010-2016 mes de mayo Pomahuaca

Vehículos ligeros:

$$IMDA = 2787 * 1.143$$

$$IMDA = 3185 \text{ vehiculos/Dia}$$

Vehículos pesados:

$$IMDA = 758 * 1.0577$$

$$IMDA = 802 \text{ vehiculos/Dia}$$

Por lo tanto, a partir de estos datos, se calculó el índice medio diario anual.

$$IMDA = 3987 \text{ vehiculos/Dia}$$

Objetivo específico 2:

– Clasificación de carretera:

Basándose del Manual de diseño geométrico de carreteras DG - 2018

Tabla 3

Clasificación por demanda

Tipo de carretera	IMDA (veh/día)	Ancho de carril mín. (m)	Número de carriles	Superficie de rodadura
Autopistas de Primera Clase	> 6000	3.60	≥ 2	Pavimentada
Autopistas de Segunda Clase	4001 - 6000	3.60	≥ 2	Pavimentada
Carreteras de Primera Clase	2001 - 4000	3.60	2	Pavimentada
Carreteras de Segunda Clase	400 - 2000	3.30	2	Pavimentada

Carreteras de Tercera Clase	<400	3.00	2	Pavimentada o afirmada
Trochas Carrozables	<200	2.00	2	Afirmada o sin afirmar

Tabla 4*Clasificación por orografía*

Tipo de Terreno	Pendiente Transversal (%)	Pendiente Longitudinal (%)	Movimiento de Tierras
Plano (Tipo 1)	≤ 10%	< 3%	Mínimo
Ondulado (Tipo 2)	11% - 50%	3% - 6%	Moderado
Accidentado (Tipo 3)	51% - 100%	6% - 8%	Importante
Escarpado (Tipo 4)	> 100%	> 8%	Máximo

Nota. Tomado de Manual de Carreteras: DG – 2018 (p.14), por el MTC, 2018.

Objetivo específico 3:**- Reclasificación de la Carretera Jaén – San Ignacio:**

Cuando la carretera Jaén – San Ignacio fue construida en 2005, se clasificó como una carretera de segunda clase, de acuerdo con los estándares y condiciones de la época, establecidos en el Manual de Carreteras DG-2001. En ese momento, la clasificación reflejaba el volumen y tipo de tráfico predominante, adecuado para las demandas de transporte existentes. Sin embargo, a lo largo de los años, el incremento significativo del tráfico vehicular ha cambiado la funcionalidad de esta carretera.

Según los resultados obtenidos del IMDA (Índice Medio Diario Anual), se ha determinado que la carretera ahora se clasifica como una carretera de primera clase, Tipo III, dentro de la Red Vial Nacional, según la normativa vigente del Manual de Carreteras DG-2018.

Esta nueva clasificación implica que la carretera tiene una importancia estratégica en la red vial del país, con un tráfico considerablemente mayor y una variedad de vehículos más extensa, lo que requiere estándares de diseño y seguridad más rigurosos.

Tabla 5

Parámetros de Diseño entre el Manual DG-2001 y DG-2018

Parámetro de diseño	Carretera de Segunda Clase, Tipo III (DG-2001)	Carretera de Primera Clase, Tipo III (DG-2018)	Observaciones
Velocidad de diseño	50km/h	60km/h	El aumento a 60 km/h refleja la necesidad de mayor velocidad para adaptarse al tráfico actual.
Radio mínimo	70m	105m	El radio mayor mejora la seguridad en curvas a mayor velocidad.
Peralte máximo	12%	12%	Se mantiene en 12%, adecuado para la estabilidad en curvas.
Pendiente máxima	8%	7%	Reducción a 7% para mejorar la seguridad en pendientes.
Ancho de Calzada	6.60m	7.20m	Aumento a 7.20 m para soportar más tráfico y vehículos grandes.
Bermas	1.20m	2.60m	Bermas más anchas permiten mayor seguridad en emergencias y maniobras.

La tabla 5 presenta una comparación entre los parámetros de diseño establecidos en el DG-2001 y los más recientes del DG-2018 para una carretera de primera clase, tipo III. Es importante destacar que la carretera Jaén-San Ignacio fue inicialmente diseñada y construida

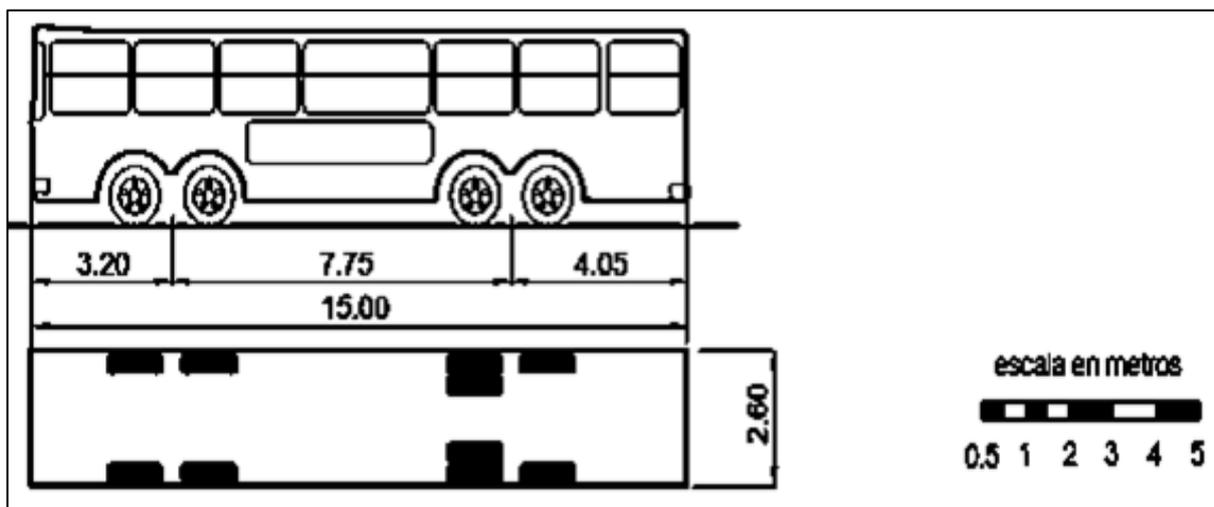
como una vía de segunda clase, tipo III, según los estándares del DG-2001. Sin embargo, actualmente se clasifica como una vía de primera clase. Esta comparación nos permitió evaluar cómo los cambios en la clasificación y los estándares de diseño han impactado en esta vía.

- **Vehículo de diseño:**

Según las directrices del Manual de Carreteras DG 2018 y la composición actual del tráfico que transita por la vía, el vehículo de diseño elegido para la investigación es un B4-1. Este tipo de vehículo de diseño garantiza que la infraestructura pueda soportar tanto la carga como las dimensiones de los vehículos que circulan habitualmente, minimizando los riesgos de accidentes y optimizando la funcionalidad de la vía a largo plazo.

Figura 4

Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)



Nota. Tomado de Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 (p.50), por el MTC, 2018.

Es esencial elegir adecuadamente el vehículo de diseño para el modelo, construcción y funcionamiento de las carreteras, ya que sus propiedades estáticas, cinemáticas y dinámicas impactan directamente en las dimensiones de los distintos elementos de la vía. En este estudio, inicialmente se consideró al Camión de dos ejes C2 (DG 2001) como el vehículo de diseño; no

obstante, después de realizar un estudio de tráfico y conforme a las directrices de las DG-2018, se determinó que el vehículo más adecuado es el B4-1. Este modelo posee una mayor distancia entre ejes en comparación con el camión C2 como se muestra a continuación.

Tabla 6

Dimensiones de los vehículos de referencia empleados en el análisis

Tipo de vehículo	Norma de diseño	Alto total	Ancho total	Largo total	Vuelo delantero	Vuelo trasero	Separación entre ejes
Camión simple dos ejes (C2)	DG-2001	4.1	2.6	9.1	1.2	1.8	6.1
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	DG-2018	4.1	2.6	15	3.2	4.05	7.75

- Tramos en Tangente:

El Manual de Carreteras DG-2018, establece las longitudes mínimas requeridas para los tramos en tangente, en función de la velocidad de diseño y el tipo de curvas adyacentes (mismo sentido "o" o sentido contrario "s"). Para una velocidad de diseño de 60 km/h, que es la correspondiente para el tramo estudiado, la normativa exige longitudes mínimas y máxima que permitan una transición segura y eficiente entre las curvas. Estas longitudes varían dependiendo de si las curvas están en el mismo sentido o en sentido contrario, garantizando que el conductor tenga el tiempo suficiente para realizar correcciones en la dirección de su vehículo.

A continuación, se presenta la tabla 7 extraída del manual:

Tabla 7

Evaluación de longitudes de tramos en tangente

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

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 (p.127), por MTC, 2018.

- **Distancia de visibilidad de parada (D_p) de tramos en tangente:**

Para calcular la distancia de visibilidad de parada, el DG-2018 emplea dos fórmulas distintas: una para tramos plano y otra para pendientes (P) superiores al 3%. (Ambas en condición de pavimento húmedo).

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a} \dots\dots\dots P = 0\%$$

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

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (2 a 3 segundos, recomendado 2.5 segundos)

a : deceleración en m/s^2 ($3.4 m/s^2$ de acuerdo a lo indicado en el capítulo 3 de AASHTO)

i: Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Por ejemplo, para el cálculo de D_p del primer tramo tangente (Km 0+410.49 – Km 0+514.14), se tuvo los datos:

- V: 60km/h
- t_p : 2.5 segundos
- i: - 0.0248
- a : $3.4 m/s^2$

Como la pendiente longitudinal del primer tramo tangente es de 2.48% de forma descendente respecto al sentido de circulación, entonces:

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

$$D_p = 0.278 * 60 * 2.5 + \frac{60^2}{254 \left(\left(\frac{3.4}{9.81} \right) - 0.0248 \right)}$$

$$D_p = 85.75 \text{ m}$$

Además, el Manual de carreteras DG-2018 indica que, en todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad (D_v) será \geq a la distancia de visibilidad de parada (D_p).

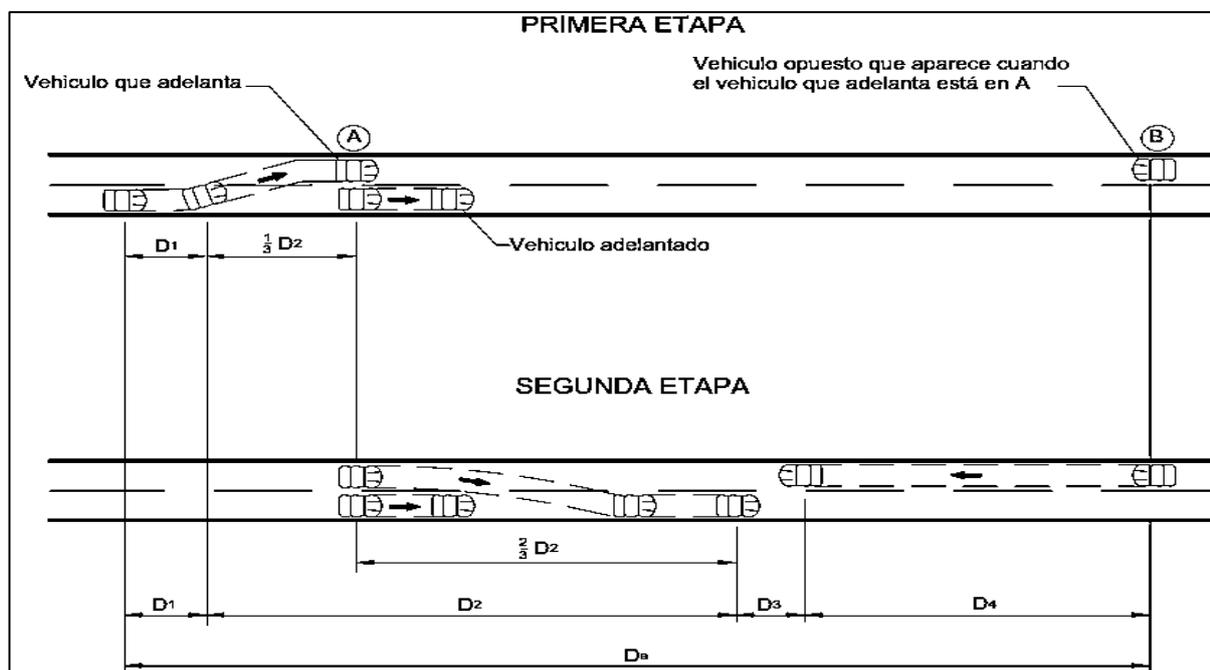
$$D_v \geq 85.75m$$

- **Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento (D_a) de tramos en tangente:**

De acuerdo con el DG-2018, la distancia de visibilidad de adelantamiento se calculó sumando cuatro distancias esenciales, cada una de las cuales se determina con una fórmula específica.

Figura 5

Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento



Nota. Tomado de Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 (p.107), por el MTC, 2018.

La figura 5 muestra una simulación de las etapas que pasa un vehículo al realizar un adelantamiento.

De la figura, se tiene que:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Donde:

D_a : Longitud de tramo visible para adelantar, expresada en metros.

D_1 : Espacio recorrido por un vehículo desde que el conductor percibe la oportunidad de adelantar y decide iniciar la maniobra, hasta que comienza a invadir el carril contrario, expresado en metros.

D_2 : Representa la distancia que recorre el vehículo que realiza el adelantamiento, desde que ingresa al carril contrario hasta que regresa a su propio carril, expresada en metros.

D_3 : Es la distancia de seguridad que se debe mantener entre el vehículo que adelanta y el que viene en sentido contrario una vez finalizada la maniobra, expresado en metros.

D_4 : Estimación de la distancia recorrida por el vehículo que se aproxima en sentido contrario durante la maniobra de adelantamiento, equivalente a $2/3$ de D_2 , también expresado en metros.

A continuación, se muestra la tabla 8 que resume las fórmulas extraídas del DG-2018 para calcular las cuatro distancias necesarias para el cálculo de la D_a .

Tabla 8

Distancias para el cálculo de la distancia de visibilidad de adelantamiento

Distancia	Fórmula	Elementos	Valores según DG-2018
D_1	$D_1 = 0.278 * t_1 \left(V - m + \frac{a * t_1}{2} \right)$	– t: tiempo de maniobra (s).	– t_1 y t_2 : Tabla
D_2	$D_2 = 0.278 * V * t_2$	– V: velocidad del vehículo que adelanta (km/h).	– 205.02
D_3	$D_3 = 30 - 90$	– a: aceleración promedio(km/h ²)	– 205.02
D_4	$D_4 = \frac{2}{3} * D_2$	– m: diferencia de velocidades (km/h)	– m: 15km/h

Entonces:

$$- D_1 = 0.278 * 3.6 \left(60 - 15 + \frac{2.25 * 3.6}{2} \right) = 49.09m$$

$$- D_2 = 0.278 * 60 * 9.3 = 155.12m$$

$$- D_3 = 45m$$

$$- D_4 = \frac{2}{3} * 155.12 = 103.41m$$

Por lo tanto: $D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 49.09 + 155.12 + 45 + 103.41 = 352.62m$ (valor para pendiente < 6%)

El manual DG-2018 también indica si el tramo tangente a evaluar tiene una pendiente > 6%, se debe utilizar la D_a correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h mayor al de la carretera estudiada.

Por lo tanto:

D_a para una velocidad de diseño de 70km/h:

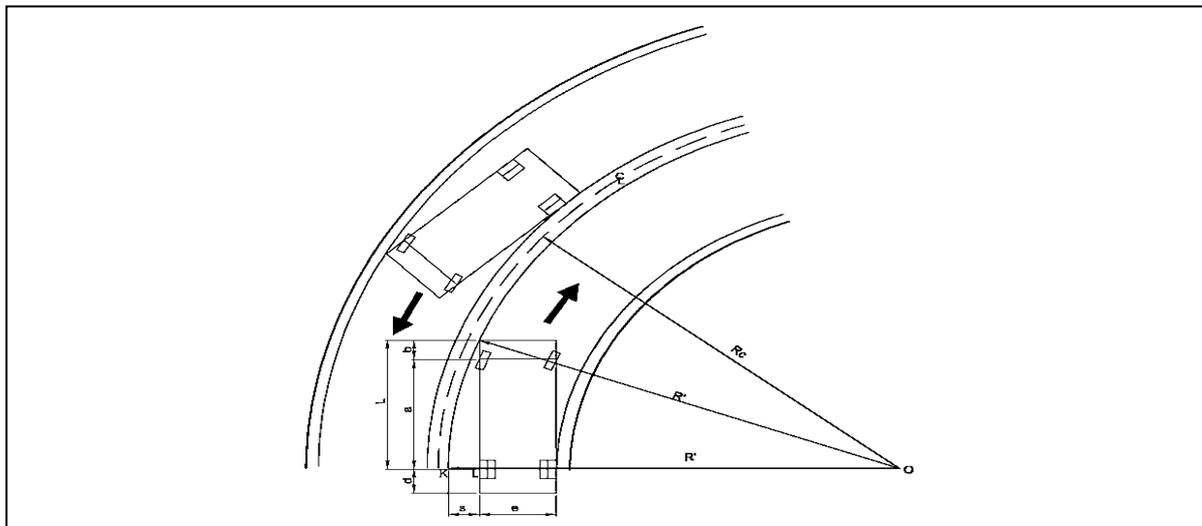
$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 66 + 195 + 55 + 130 = 446.00m \text{ (valor para pendiente } > 6\%)$$

- **Sobreanchos:**

Para calcular los sobreanchos necesarios en las curvas del tramo carretero Jaén – San Ignacio, se ha adoptado el ómnibus de cuatro ejes (B4-1) como vehículo de diseño así garantizar la seguridad y el confort. El cálculo del sobreancho, que depende del tipo de vehículo, el radio de la curva y la velocidad de diseño, se llevó a cabo utilizando la figura y fórmula que se presentan a continuación:

Figura 6

Sobrealancho en las curvas



Nota. Tomado de Manual de Carreteras: DG – 2018 (p.160), por MTC, 2018.

Dónde:

R': Radio de giro del vehículo hasta el punto más adelantado del parachoques delantero.

s: Sobrealancho por carril requerido para garantizar la seguridad en la curva.

L: Longitud total del vehículo, medida entre los ejes delantero y trasero

$$\text{Fórmula: } Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

Sa: Sobrealancho (m)

n: Número de carriles

R_C: Radio de curvatura circular (m)

L: Distancia entre eje posterior y parte frontal del vehículo de diseño (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

- **Pendiente:**

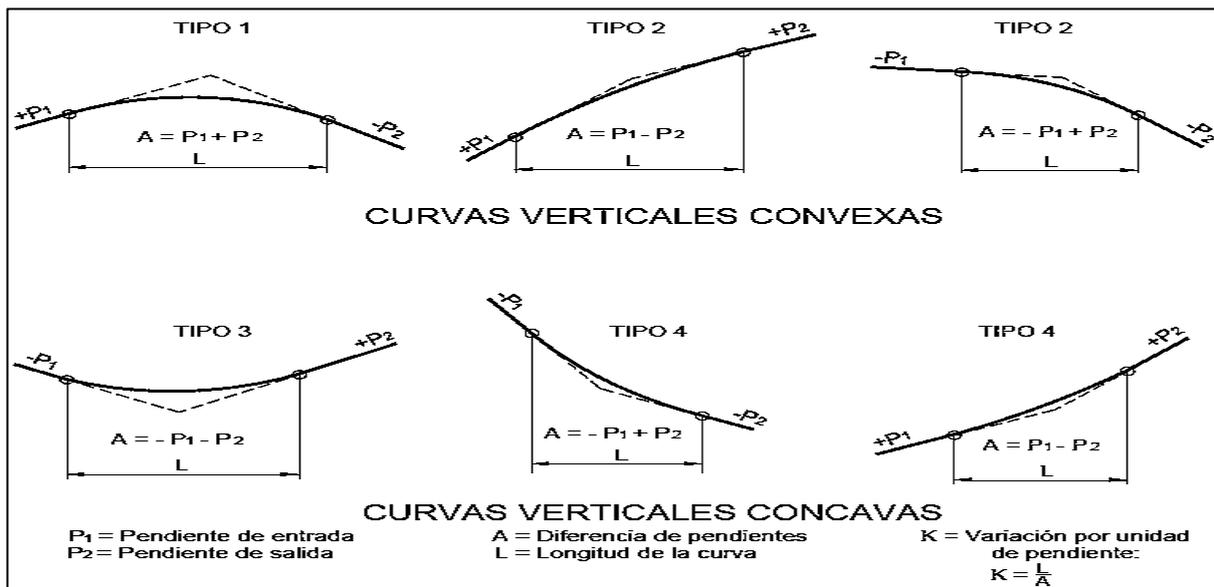
Evaluar las pendientes longitudinales en la carretera Jaén-San Ignacio desde la progresiva km 22+000 hasta km 39+000 es crucial para garantizar la seguridad vial y la durabilidad de la infraestructura. Pendientes excesivas pueden causar pérdida de control de los vehículos y fatiga en los frenos, mientras que pendientes muy suaves pueden generar problemas de drenaje.

Para asegurar la seguridad en carreteras de primera clase tipo III con velocidad de diseño de 60 km/h, el DG-2018 limita las pendientes entre 0.5% y 7% (Tabla 303.01 del DG-2018), evitando así dificultades para los vehículos y asegurando una conducción segura.

- **Longitud mínima y visibilidad de curvas verticales:**

Figura 7

Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Nota. Tomado de Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 (p.175), por el MTC, 2018.

Para evaluar la distancia de visibilidad y longitud mínima de las curvas verticales, se hizo bajo el criterio de seguridad (por forma geométrica), donde este considera para el cálculo de la longitud mínima, la distancia de visibilidad de parada (D_p) y la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento (D_a), no obstante, por considerarse la D_a una longitud muy extensa en comparación con la D_p , por ello solo se consideró en este estudio la D_p . Además, el criterio de seguridad impone una longitud mínima que cumpla con el requisito de que la distancia de visibilidad sea siempre superior o igual a la distancia de parada (D_p) a lo largo de toda la curva.

A continuación, se muestra la tabla 9, que bajo el criterio de seguridad resume el proceso de cálculo de la longitud mínima teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de parada (D_p), en curvas verticales convexas y cóncavas, independientemente si son simétricas o asimétricas.

Tabla 9

Longitud mínima en curvas verticales

Longitud mínima en curva convexa	Longitud mínima en curva cóncava
Para su cálculo, existen dos relaciones entre D_p y la longitud mínima de curva (L):	
Cuando $D_p < L$ y $D_p > L$	
$D_p < L: \quad L_{min} = \frac{ADp^2}{404}$	$D_p < L: \quad L_{min} = \frac{ADp^2}{120+3.5Dp}$
$D_p > L: \quad L_{min} = 2Dp - \frac{404}{A}$	$D_p > L: \quad L_{min} = 2Dp - \left(\frac{120+3.5Dp}{A}\right)$
Considerando altura del ojo sobre la rasante de 1.07m y la altura del objeto sobre la rasante de 0.15m (caso + común).	Donde: A: Diferencia algebraica de pendientes (%)
Para determinar D_p , usamos la fórmula siguiente:	

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

Donde, V es velocidad de diseño, t_p es tiempo de percepción + reacción (2.5s), a es la deceleración (3.4m/s^2) y i es la pendiente longitudinal (tanto por uno) (el signo + o - depende de su sentido de circulación).

Se calcula D_p en las dos pendientes de la curva vertical ($\pm i$) por separado, y se determina el resultado mayor.

Como la intención es de calcular la longitud mínima, reemplazamos el valor de D_p para ambos casos, cuando $D_p < L$ y $D_p > L$, después de obtener L_{\min} en ambos casos, se pasa a determinar en qué condición cumple.

Por ejemplo, de la siguiente manera se calculó la longitud mínima (L_{\min}) y la distancia de visibilidad de parada (D_p) de la primera curva vertical (CV1) del tramo estudiado de la carretera Jaén-San Ignacio.

De la CV1 se tiene los siguientes datos:

- Velocidad de diseño (V): 60km/h
- Tipo de CV: Cóncava, tipo 4
- Pendiente de entrada (P_1): -2.42%
- Pendiente de salida (P_2): -0.86%
- Diferencia de Pendientes (A): $A = |-P_1 + P_2| = | -(-2.42) + (-0.86) |$
 $A = |1.56| = 1.56$
- Tiempo de percepción + reacción (t_p): 2.5s
- Deceleración (a): 3.4m/s^2
- Pendiente de entrada (tanto por uno) (-i): -0.0242
- Pendiente de salida (tanto por uno) (-i): -0.0860

Calculamos la distancia de visibilidad de parada (D_p) en ambas pendientes (i):

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

$$D_p = 0.278 * 60 * 2.5 + \frac{60^2}{254 \left(\left(\frac{3.4}{9.81} \right) - 0.0242 \right)} = 88.23m$$

$$D_p = 0.278 * 60 * 2.5 + \frac{60^2}{254 \left(\left(\frac{3.4}{9.81} \right) - 0.0860 \right)} = 96.09m$$

Se opta por el valor mayor (siendo la condición más desfavorable para mayor seguridad), entonces $D_p = 96.09m$

Ahora calculamos L_{min} para una curva vertical cóncava, tipo 4, bajo las dos condiciones:

$$D_p < L: \quad L_{min} = \frac{ADp^2}{120+3.5Dp} = \frac{1.56(96.09)^2}{120+3.5(96.09)} = 31.57m$$

$$D_p > L: \quad L_{min} = 2Dp - \left(\frac{120+3.5Dp}{A} \right) = 2(96.09) - \left(\frac{120+3.5(96.09)}{1.56} \right) = -100.33m$$

Luego determinamos L_{min} :

- Primera condición indica $D_p < L$, sería $96.09 < 31.57$ (no cumple).
- Segunda condición indica $D_p > L$, sería $96.09 > -100.33$ (cumple).

Por lo tanto, $L_{min} = -100.33m$

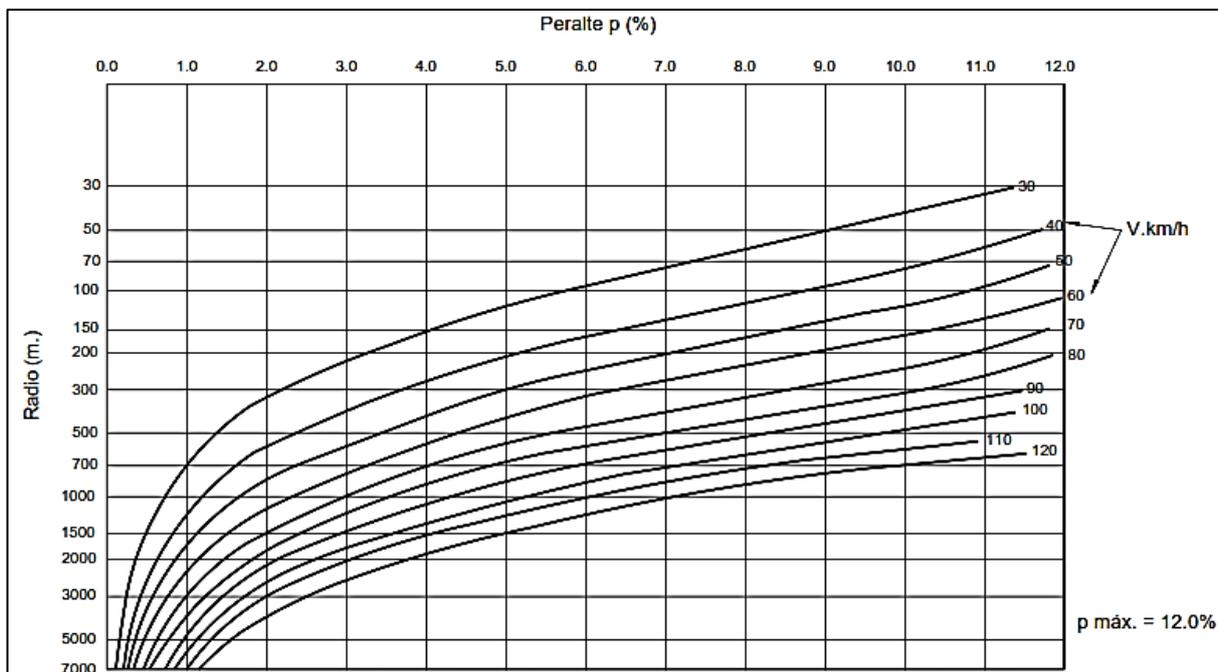
- **Peralte:**

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, la carretera Jaén-San Ignacio, clasificada como de Primera Clase, Tipo III, tiene un peralte máximo permitido del 12%. Este manual proporciona figuras específicas para determinar el peralte óptimo de una curva, considerando su radio y la velocidad de diseño.

La siguiente figura 8, extraída del manual, ilustra la relación entre estas variables para un peralte máximo del 12%.

Figura 8

Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)



Nota. Tomado de Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 (p.131), por el MTC, 2018.

- **Consistencia geométrica:**

Para evaluar la consistencia, se seleccionó los criterios I y II propuestos por Lamm, ya que son ampliamente utilizados en diversas investigaciones para medir la coherencia geométrica. Estos criterios permiten una evaluación eficaz de la seguridad, tomando en cuenta tanto las características geométricas de la carretera como la velocidad operativa y las variaciones del tramo. La adopción de estos criterios garantiza que el análisis sea preciso y se base en parámetros validados en estudios anteriores.

En el caso de la carretera estudiada, se aplicaron los criterios de seguridad I y II propuestos por Lamm (1999), siguiendo el enfoque de la investigación de Arias y Remolina (2018), con el fin de comparar la velocidad operativa del percentil 85 con la velocidad de diseño en curvas y tangentes, y así determinar la coherencia de la velocidad de operación a lo largo del tramo Jaén-San Ignacio (km 22+000 al km 39+000). El cálculo de estos criterios se realizó utilizando la ecuación de las tablas 10 y 11 que se detallan a continuación.

Tabla 10

Criterio de evaluación I de Lamm, comparación de la velocidad de operación del percentil 85 con la velocidad de diseño

Bueno	Regular	Malo
$ V_{85} - V_d \leq 10 [km/h]$	$10 < V_{85} - V_d \leq 20 [km/h]$	$ V_{85} - V_d > 20 [km/h]$

Nota. Tomado de Evaluación de la conformidad del diseño geométrico con las normas establecidas en un tramo recto de dos carriles de la carretera La Fortuna - La Lizama (km 12+938 - 19+473) en Santander, por Arias & Remolina, 2018.

Tabla 11

Criterio de evaluación II de Lamm, comparación de la coherencia de la velocidad de operación

Bueno	Regular	Malo
$ V85_n - V85_{n+1} \leq 10 [km/h]$	$10 < V85_n - V85_{n+1} \leq 20 [km/h]$	$ V85_n - V85_{n+1} > 20 [km/h]$

Nota. Tomado de Evaluación de la conformidad del diseño geométrico con las normas establecidas en un tramo recto de dos carriles de la carretera La Fortuna - La Lizama (km 12+938 - 19+473) en Santander, por Arias & Remolina, 2018.

Casos prácticos de la aplicación en la vía analizada:

– **Criterio I:**

Tangente 1:

$$V85 = 77 [km/h]$$

$$Vd = 60 [km/h]$$

Reemplazando los datos en la ecuación

$$|V85 - Vd| [km/h]$$

$$|77 - 60| [km/h] = 17 km/h$$

17 km/h (consistencia geométrica regular)

Curva 1:

$$V85 = 70 [km/h]$$

$$Vd = 60 [km/h]$$

Reemplazando los datos en la ecuación

$$|V_{85} - V_d| [km/h]$$

$$|70 - 60| [km/h] = 10 km/h$$

10 km/h (*consistencia geométrica bueno*)

Tangente 2:

$$V_{85} = 73.50 [km/h]$$

$$V_d = 60 [km/h]$$

Reemplazando los datos en la ecuación

$$|V_{85} - V_d| [km/h]$$

$$|73.50 - 60| [km/h] = 13.5 km/h$$

13.5 km/h (*consistencia geométrica regular*)

Curva 2:

$$V_{85} = 60.15 [km/h]$$

$$V_d = 60 [km/h]$$

Reemplazando los datos en la ecuación

$$|V_{85} - V_d| [km/h]$$

$$|60.15 - 60| [km/h] = 0.15 km/h$$

0.15 km/h (*consistencia geométrica bueno*)

Tangente 3:

$$V_{85} = 72 [km/h]$$

$$Vd = 60 [km/h]$$

Remplazando los datos en la ecuación

$$|V85 - Vd|[km/h]$$

$$|72 - 60|[km/h] = 12 km/h$$

12 km/h (*consistencia geométrica regular*)

Curva 3:

$$V85 = 68 [km/h]$$

$$Vd = 60 [km/h]$$

Remplazando los datos en la ecuación

$$|V85 - Vd|[km/h]$$

$$|68 - 60|[km/h] = 8km/h$$

8km/h (*consistencia geométrica bueno*)

Tangente 6:

$$V85 = 72[km/h]$$

$$Vd = 60 [km/h]$$

Remplazando los datos en la ecuación

$$|V85 - Vd|[km/h]$$

$$|88 - 60|[km/h] = 28 km/h$$

28km/h (*consistencia geométrica malo*)

Curva 6:

$$V_{85} = 75.40 \text{ [km/h]}$$

$$V_d = 60 \text{ [km/h]}$$

Remplazando los datos en la ecuación

$$|V_{85} - V_d| \text{ [km/h]}$$

$$|75.40 - 60| \text{ [km/h]} = 15.40 \text{ km/h}$$

15.40 km/h (*consistencia geométrica regular*)

Figura 9

Trabajo de gabinete



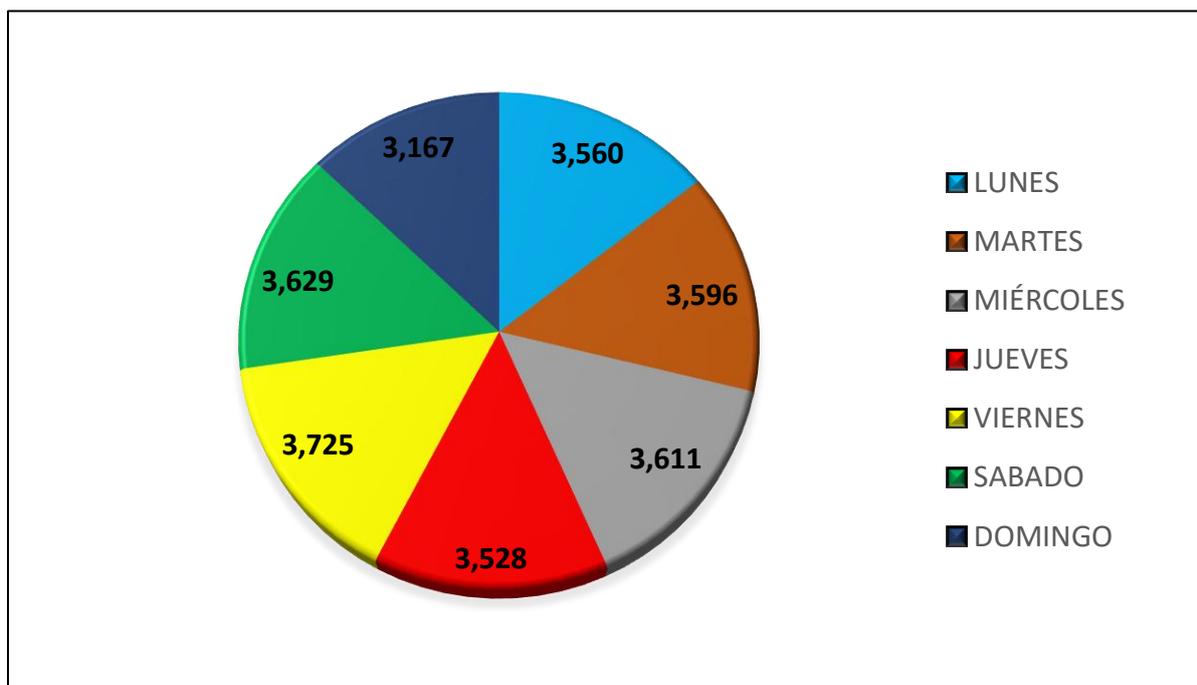
Nota: En la figura 9 se observa el procesamiento y análisis de los datos obtenidos de campo, utilizando computadoras portátiles. La foto representa la fase de trabajo de gabinete, esencial para la evaluación del tramo de carretera estudiada.

La tabla 12 muestra un resumen del flujo vehicular semanal en ambas direcciones del tramo estudiado de la carretera Jaén-San Ignacio, a partir de estos datos se obtuvo como resultado un IMDA de 3987 vehículos/Día.

3.1.1. Número promedio de vehículos por día

Figura 10

Distribución del tráfico por día

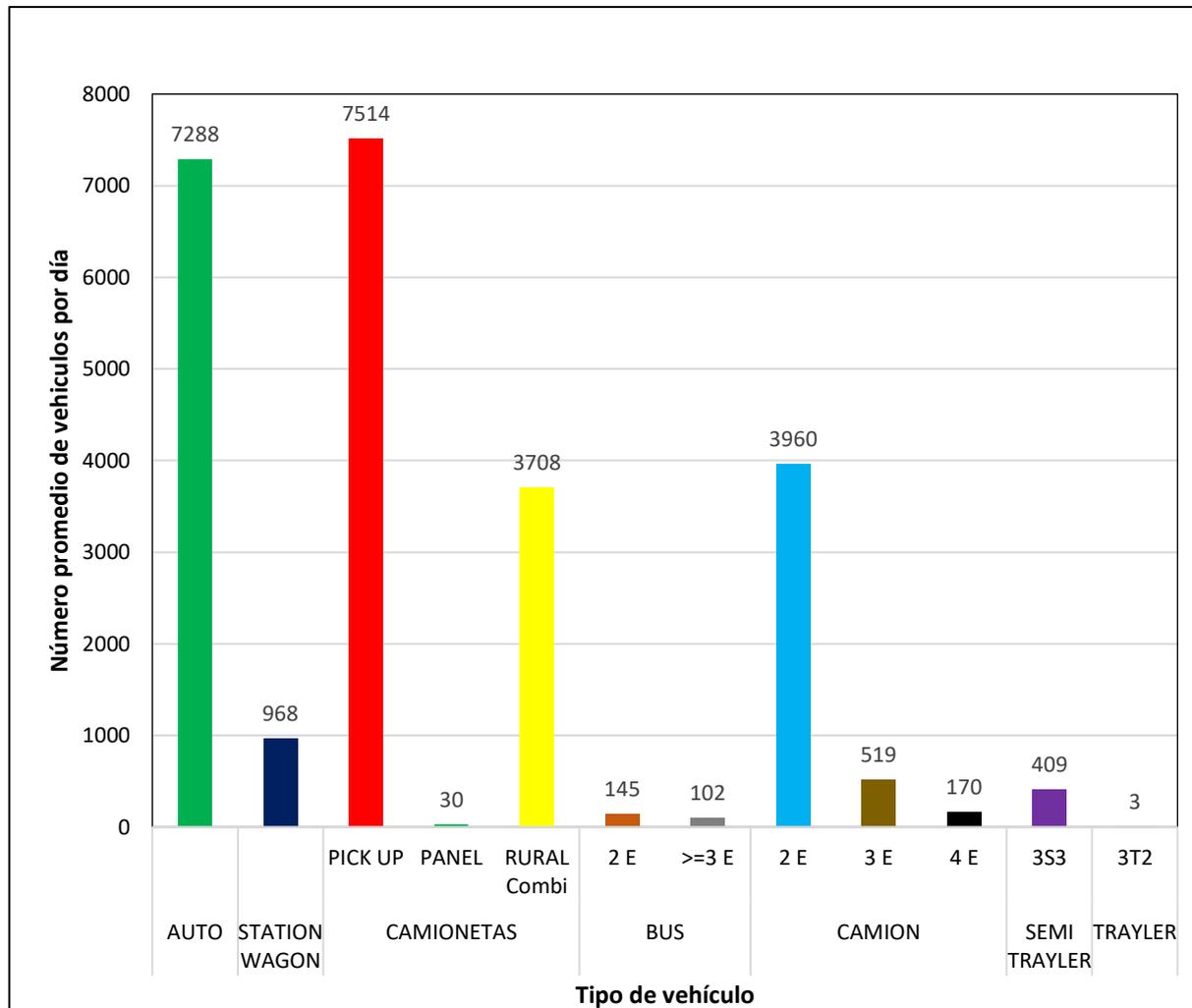


La figura 10 muestra el número promedio de vehículos contabilizados por día en un tramo de la carretera Jaén – San Ignacio.

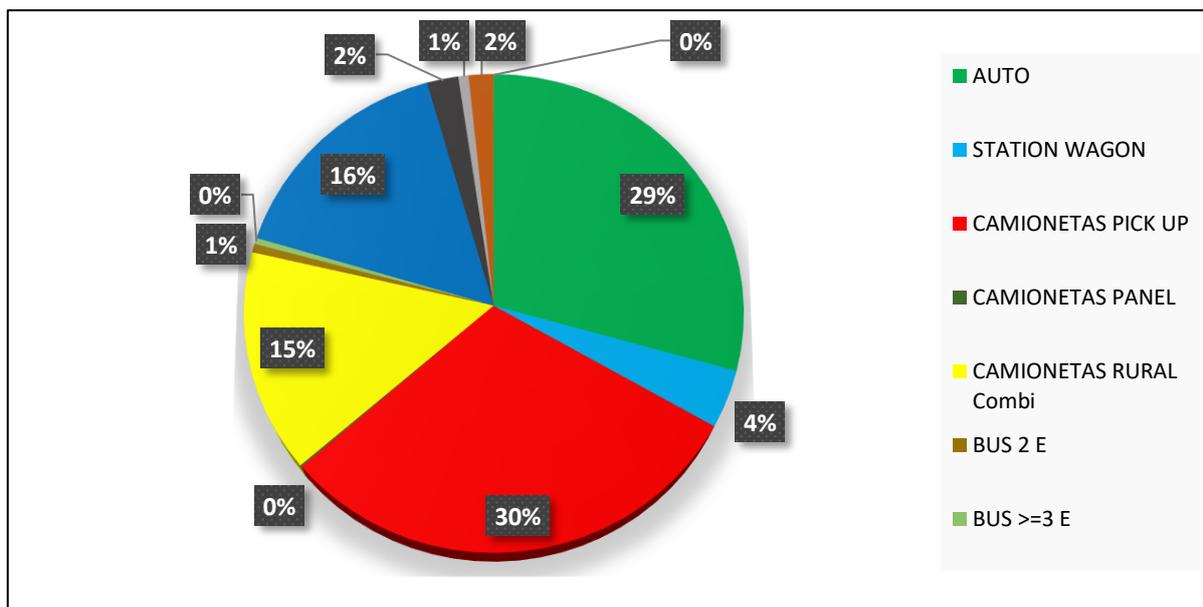
Los datos fueron recolectados mediante método de conteo durante el período indicado. Se observa una distribución relativamente uniforme del tráfico a lo largo de la semana, con una ligera tendencia a un mayor volumen durante los días laborables.

Figura 11

Distribución del tráfico diario por tipo de vehículo



La figura 11 nos muestra la cantidad promedio diaria de diferentes tipos de vehículos que circulan por una vía en particular. Se observa que los autos y camionetas son los vehículos más comunes, seguidos por los camiones. Otros tipos de vehículos, como paneles, rurales y buses, tienen una presencia mucho menor, indica que la vía es utilizada principalmente para el transporte privado y de mercancías, con una menor proporción de transporte público.

Figura 12*Distribución del tráfico por tipo de vehículo*

La figura 12 nos muestra la proporción de cada tipo de vehículo que circula por la vía.

3.1.2. Presentación de resultados

Los resultados que a continuación se detallan responde al primer objetivo específico: Realizar el estudio de tráfico de la carretera Jaén-San Ignacio, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000.

01+900 - 02+000	6.92	-1.24	Plano
02+000 - 02+100	12.95	-2.20	Ondulado
02+100 - 02+200	15.63	-7.89	Accidentado
02+200 - 02+300	5.74	-3.59	Ondulado
02+300 - 02+400	8.36	-1.77	Plano
02+400 - 02+500	3.55	-1.84	Plano
02+500 - 02+600	1.94	-0.82	Plano
02+600 - 02+700	3.82	-0.63	Plano
02+800 - 02+900	3.85	-0.60	Plano
02+900 - 03+000	3.84	-0.57	Plano
03+000 - 03+100	3.91	-0.54	Plano
03+100 - 03+200	-5.18	-7.51	Accidente
03+200 - 03+300	1.16	3.90	Ondulado
03+300 - 03+400	1.33	4.11	Ondulado
03+400 - 03+500	1.24	4.13	Ondulado
03+500 - 03+600	1.50	-0.34	Plano
03+600 - 03+700	-4.74	-6.25	Accidentado
03+700 - 03+800	-3.20	-6.21	Accidentado
03+800 - 03+900	-4.31	-6.25	Accidentado
03+900 - 04+000	-0.06	-7.59	Accidentado
04+100 - 04+200	-0.27	-7.97	Accidentado
04+200 - 04+300	0.41	-5.21	Ondulado
04+300 - 04+400	0.03	-0.12	Plano
04+400 - 04+500	-0.04	-0.11	Plano
04+500 - 04+600	-0.03	-0.11	Plano
04+600 - 04+700	-0.93	-1.27	Plano
04+700 - 04+800	-1.45	-1.65	Plano
04+900 - 05+000	-1.16	-1.66	Plano
05+000 - 05+100	0.24	-2.42	Plano
05+100 - 05+200	0.25	-2.51	Plano
05+200 - 05+300	0.12	-2.51	Plano
05+300 - 05+400	-1.30	-2.17	Plano
05+400 - 05+500	-1.24	-0.55	Plano

15+900 - 16+000	2.43	-0.80	Plano
16+000 - 16+100	4.97	0.08	Plano
16+100 - 16+200	1.17	0.05	Plano
16+200 - 16+300	-0.43	-1.17	Plano
16+300 - 16+400	-0.72	-1.29	Plano
16+400 - 16+500	-0.61	-1.30	Plano
16+500 - 16+600	-0.57	-1.37	Plano
16+600 - 16+700	-0.03	-0.15	Plano
16+800 - 16+900	-0.21	0.83	Plano
16+900 - 17+000	-0.23	1.00	Plano

Como se observa en la tabla 18, se identificaron secciones con características topográficas variadas, clasificadas como terreno plano, ondulado y accidentado. Sin embargo, dada la heterogeneidad del terreno y la necesidad de garantizar un alto nivel de seguridad, se ha optado por considerar el tramo en su totalidad como terreno Accidentado, Tipo III. Esta decisión permite adoptar medidas de diseño más conservadoras y asegurar la estabilidad de la infraestructura ante posibles eventos geotécnicos.

3.2.2. Presentación de resultados

Los resultados que a continuación se detallan responde al segundo objetivo específico: Identificar las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 mediante un levantamiento topográfico detallado.

7	2+280.56	2+452.71	49°52'30"	172.16	180	No cumple
8	2+563.26	2+687.20	42°13'43"	123.94	180	No cumple
9	5+279.11	5+391.51	22°33'39"	112.4	180	No cumple
10	6+394.65	6+673.98	10°52'17"	279.33	180	Cumple
11	7+145.22	7+749.72	108°38'57"	604.50	180	Cumple
12	8+638.55	8+669.91	10°09'04"	31.36	180	No cumple
13	9+659.26	9+760.11	34°56'52"	100.85	180	No cumple
14	9+866.53	9+965.06	46°35'18"	98.53	180	No cumple
15	10+030.46	10+103.59	61°03'33"	73.13	180	No cumple
16	10+226.39	10+287.33	14°37'27"	60.94	180	No cumple
17	11+866.71	12+044.41	58°55'28"	177.7	180	No cumple
18	14+725.75	14+859.73	11°05'14"	133.98	180	No cumple
19	15+718.04	15+791.37	16°56'06"	73.33	180	No cumple

Figura 13

Porcentaje de conformidad de longitud de curvas horizontales

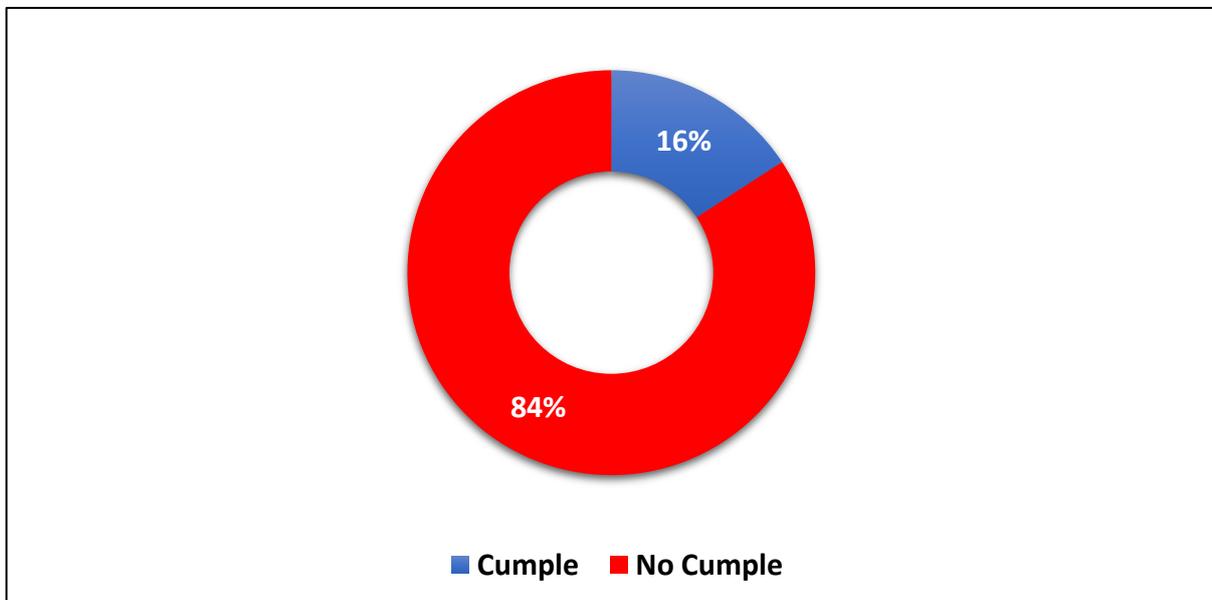
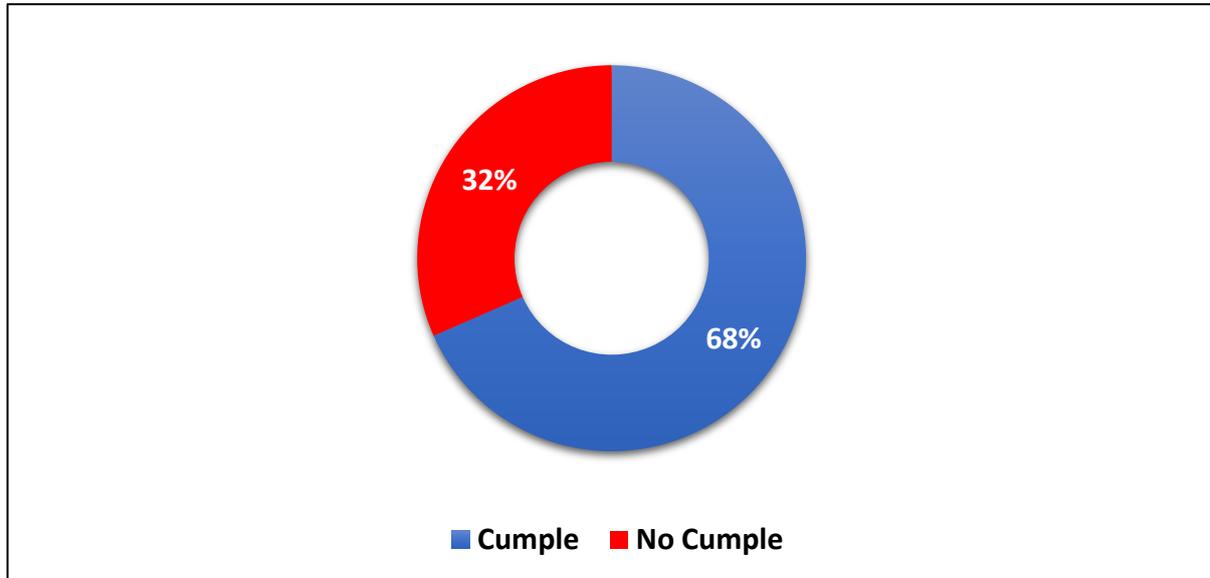


Figura 14

Porcentaje de conformidad de los tramos en tangente



Análisis

De la tabla 21 y figura 14: tras la evaluación de los tramos en tangente en la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva km 22+000 hasta km 39+000, se ha identificado que el 68% de los tramos cumplen con la normativa vigente, mientras que el 32% no alcanzan las longitudes mínimas establecidas por el Manual DG-2018. Este resultado refleja que, aunque la mayoría de los tramos en tangente ofrece una transición adecuada entre las curvas, existe una porción significativa que podría comprometer la seguridad vial.

El 32% de tramos que no cumplen con la normativa representa un riesgo potencial, ya que los tramos en tangente tienen un papel crucial en proporcionar a los conductores el tiempo necesario para estabilizar sus vehículos entre curvas, especialmente en condiciones donde se requiere un cambio de dirección significativo. Este déficit en la longitud de los tramos en tangente puede aumentar la probabilidad de situaciones inseguras en estos segmentos de la carretera, afectando la fluidez del tránsito y la seguridad de los usuarios.

3.3.1.1.3. Evaluación de la Distancia de visibilidad de parada y adelantamiento de tramos en tangente

Según el Manual de Carreteras DG-2018 (Sección 205), existen tres tipos de distancias de visibilidad que influyen en el diseño geométrico de una carretera: parada, paso o adelantamiento y cruce con otra vía. Sin embargo, para el caso particular de tramos de carretera en campo abierto, como el tramo de la carretera Jaén-San Ignacio evaluado, establece que las distancias de visibilidad que mayormente impactan en el diseño son la de parada y la de paso o adelantamiento, siempre y cuando se trate de secciones rectas (alineamiento recto) con pendientes uniformes.

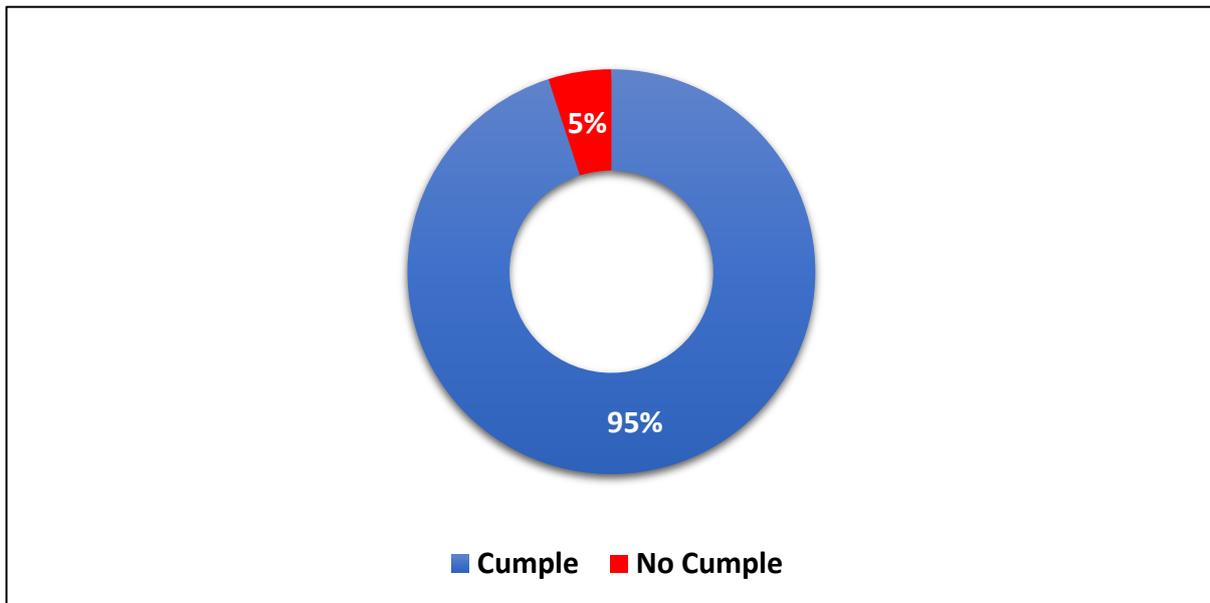
a. Evaluación de la distancia de visibilidad de parada (D_p) de tramos en tangente

La distancia de visibilidad de parada representa el espacio mínimo necesario en una vía para que un vehículo en movimiento, circulando a una velocidad determinada, pueda detenerse de manera segura ante un obstáculo imprevisto (obstáculo: altura $\geq 0.15\text{m}$).

A continuación, se presenta la tabla 22 que resume los cálculos respectivos de las distancias de visibilidad de parada para todos los tramos de tangencia del tramo estudiado de la carretera Jaén – San Ignacio, distancias de visibilidad; también las longitudes y sus pendientes de los tramos de tangencia y su verificación del cumplimiento de acuerdo con la normativa.

Figura 19

Porcentaje de conformidad de las pendientes



Análisis

De la tabla 26 y figura 19: después de evaluar las pendientes en el tramo estudiado de la carretera Jaén – San Ignacio, se determinó que el 95% de las pendientes cumplen con los requisitos establecidos en el Manual DG-2018, mientras que el 5% de las pendientes no alcanzan los valores dentro del rango permitido. Este resultado es bastante positivo, ya que indica que la gran mayoría del tramo presenta una inclinación que garantiza tanto la seguridad vial como la operatividad de los vehículos, cumpliendo con los parámetros mínimos y máximos de pendiente establecidos para carreteras de primera clase tipo III con una velocidad de diseño de 60 km/h.

El 5% de las pendientes que no cumplen podría representar puntos críticos que merecen atención. Aunque el porcentaje es relativamente pequeño, estos tramos con pendientes fuera de norma pueden afectar la seguridad de los conductores, especialmente en condiciones

adversas como lluvia o con vehículos pesados que podrían tener dificultades en tramos con pendientes excesivas o insuficientes.

3.3.1.2.2. Evaluación de longitud mínima y visibilidad de curvas verticales

Las curvas verticales conectan tramos de carretera con diferentes pendientes, asegurando una transición suave y segura para los vehículos. Dependiendo de su forma, pueden ser convexas (en cresta \cap) o cóncavas (en cuenco U) además, pueden ser simétricas o asimétricas.

A continuación, se presentan dos tablas 27 y 28, que resume todos los cálculos de todas las curvas verticales L_{min} y D_p , también se presenta sus pendientes, diferencia de pendientes, longitud de curva vertical existente, tipo de curva; si existe la necesidad de una curva o no y la verificación de su cumplimiento con el DG-2018.

Tabla 27

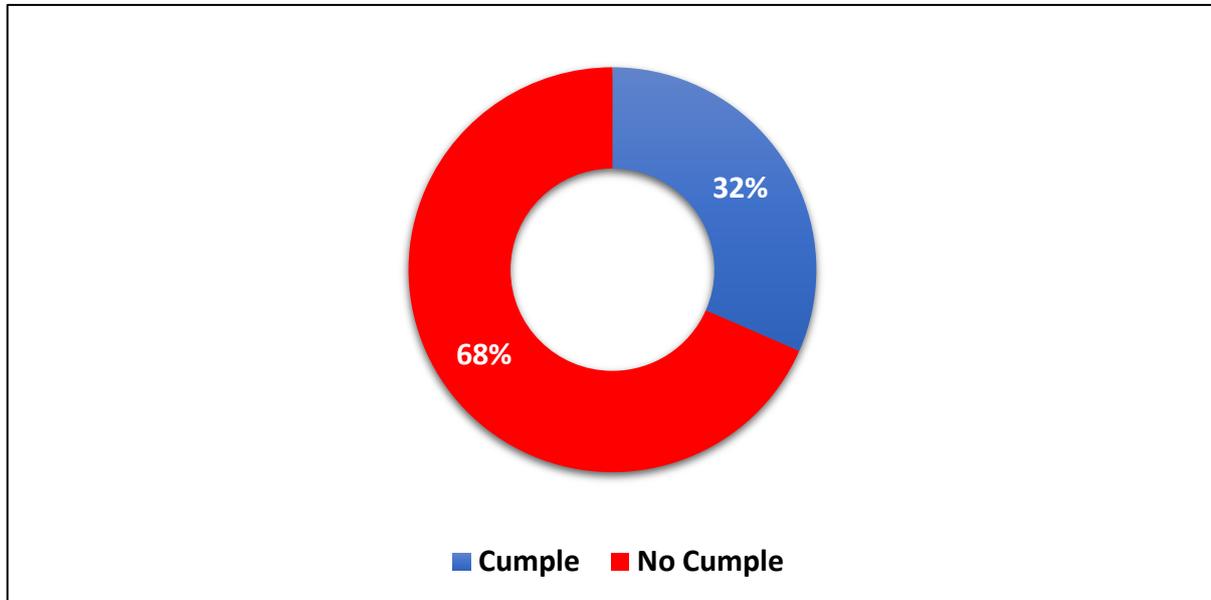
Evaluación de distancia de visibilidad de las curvas verticales

N° de curva	P₁(%)	P₂(%)	Tipo de curva	(A)	L (m)	(D_p) (m)	Verificación
CV 1	-2.42	-0.86	Cóncava, tipo 4	1.56	54.00	96.09	No Cumple
CV 2	-0.86	-3.61	Convexa. Tipo 2	2.75	85.00	87.35	No Cumple
CV 3	-3.61	-0.84	Cóncava, tipo 4	2.77	53.16	87.35	No cumple
CV 4	-0.84	1.34	Cóncava, tipo 3	0.50	50.00	83.61	No cumple
CV 5	1.34	-6.50	Convexa, tipo 1	5.16	245.00	92.03	Cumple
CV 6	-6.50	-0.30	Cóncava, tipo 4	6.2	100.00	92.03	Cumple

CV 7	-0.30	-2.00	Convexa, tipo 2	1.7	56.00	85.10	No cumple
CV 8	-2.00	-3.00	Convexa, tipo 2	1.00	39.00	86.47	No cumple
CV 9	-3.00	-0.95	Cóncava, tipo 4	2.05	26.62	86.47	No cumple
CV10	-0.95	1.00	Cóncava, tipo 3	0.05	25.38	83.75	No cumple
CV11	1.00	4.99	Cóncava, tipo 4	3.99	65.00	81.45	No cumple
CV12	4.99	0.80	Convexa, tipo 2	4.19	138.00	81.67	Cumple
CV13	0.80	7.59	Cóncava, tipo 4	6.79	92.00	81.67	Cumple
CV14	7.59	2.22	Convexa, tipo 2	5.37	178.00	80.13	Cumple
CV15	2.22	2.96	Cóncava, tipo 4	0.74	9.63	80.13	No cumple
CV16	2.96	1.43	Convexa, tipo 2	1.53	48.00	80.97	No cumple
CV17	1.43	0.5	Convexa, tipo 2	0.93	47.00	82.01	No cumple
CV18	0.5	3.16	Cóncava, tipo 4	2.66	41.05	82.01	No cumple
CV19	3.16	-0.67	Convexa, tipo 1	2.49	121.00	83.4	Cumple

Figura 20

Porcentaje de conformidad de distancia de visibilidad en curvas verticales

**Análisis**

De la tabla 27 y figura 20: el análisis exhaustivo de las 19 curvas verticales del tramo carretero Jaén-San Ignacio entre las progresivas 22+000 y 39+000 evidencia una problemática recurrente en términos de seguridad vial: la insuficiencia de la distancia de visibilidad. De acuerdo con los datos recopilados y comparados con los estándares establecidos en el Manual de Carreteras DG-2018, se observa que un significativo 68% de las curvas no cumplen con los requisitos mínimos de visibilidad.

Esta tendencia sugiere que la geometría de este tipo de curvas, combinada con otros factores como la pendiente y la longitud, dificulta considerablemente la visibilidad de los conductores. Además, se aprecia una relación directa entre la longitud de la curva y el cumplimiento de los criterios de diseño, evidenciando que las curvas más cortas tienden a presentar mayores problemas de visibilidad.

con los estándares de diseño, lo que indica un buen desempeño general en términos de geometría vertical.

Sin embargo, es importante destacar que el 11% restante de las curvas no cumple con la longitud mínima establecida. Si bien este porcentaje puede parecer bajo, es fundamental abordar esta situación, ya que una longitud de curva insuficiente puede generar diversos problemas, como la disminución de la comodidad de los usuarios, el mayor desgaste de la pavimentación y un incremento en el riesgo de accidentes en condiciones adversas.

Las curvas que no cumplen con los requisitos de longitud suelen presentar transiciones más abruptas entre las tangentes, lo que puede provocar cambios bruscos en la aceleración vertical de los vehículos y, en consecuencia, afectar la estabilidad y el confort de los usuarios. Además, una longitud de curva insuficiente puede limitar la visibilidad en ciertos puntos, especialmente en curvas convexas, lo que incrementa el riesgo de colisiones.

3.3.1.3. Evaluación de los elementos geométricos en Sección transversal

3.3.1.3.1. Evaluación de la Calzada

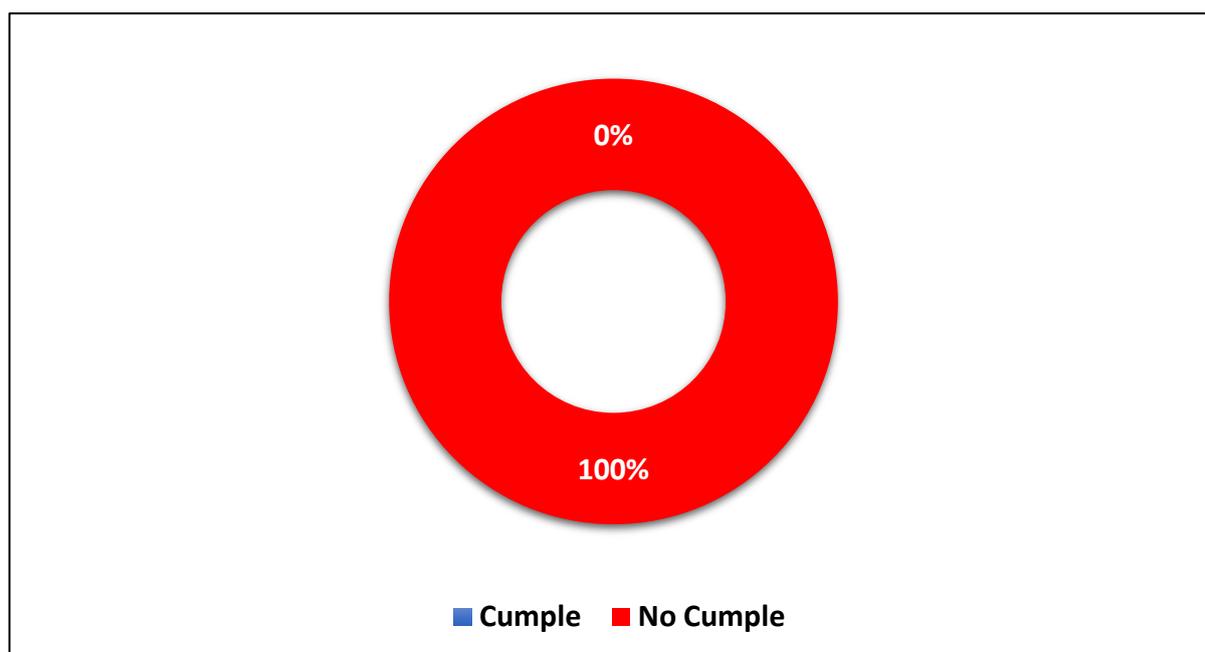
La calzada, formada por uno o más carriles, es la zona de una carretera destinada al tránsito vehicular.

Según el DG-2018, en la tabla 304.01, la carretera Jaén-San Ignacio, al clasificarse como de primera clase, tipo III y tener una velocidad de diseño de 60 km/h, debe tener una calzada de al menos 7.20 metros de ancho para garantizar la seguridad vial.

A continuación, se presenta la tabla 29 donde se evaluó la calzada existente en el tramo estudiado, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 de la carretera Jaén – San Ignacio.

Tabla 29*Evaluación de la calzada*

Progresiva	Calzada existente (m)	Calzada Mínima exigida (m)	Evaluación de calzada
22+000 hasta 39+000	6.60	7.20	No cumple

Figura 22*Porcentaje de conformidad de las pendientes***Análisis**

De la tabla 29 y figura 22: los resultados de la evaluación de la calzada en el tramo de la carretera Jaén – San Ignacio revelan que el 100% de la calzada no cumple con los valores establecidos por el Manual DG-2018, que exige una anchura mínima de 7.20 metros para carreteras de primera clase tipo III con una velocidad de diseño de 60 km/h. Este hallazgo es crítico, ya que la totalidad del tramo estudiado presenta una calzada insuficiente en comparación con los estándares actuales.

La falta de cumplimiento en todo el tramo implica riesgos considerables para la seguridad vial. Un espacio de calzada reducido dificulta las maniobras de vehículos, especialmente en zonas con tráfico bidireccional, donde la interacción entre vehículos pesados o de gran tamaño se vuelve peligrosa. Además, el espacio limitado aumenta la probabilidad de accidentes al no ofrecer un margen adecuado para maniobras de emergencia. En conclusión, la carretera es insegura en su estado actual debido a la insuficiencia en el ancho de la calzada.

3.3.1.3.2. Evaluación de Bermas

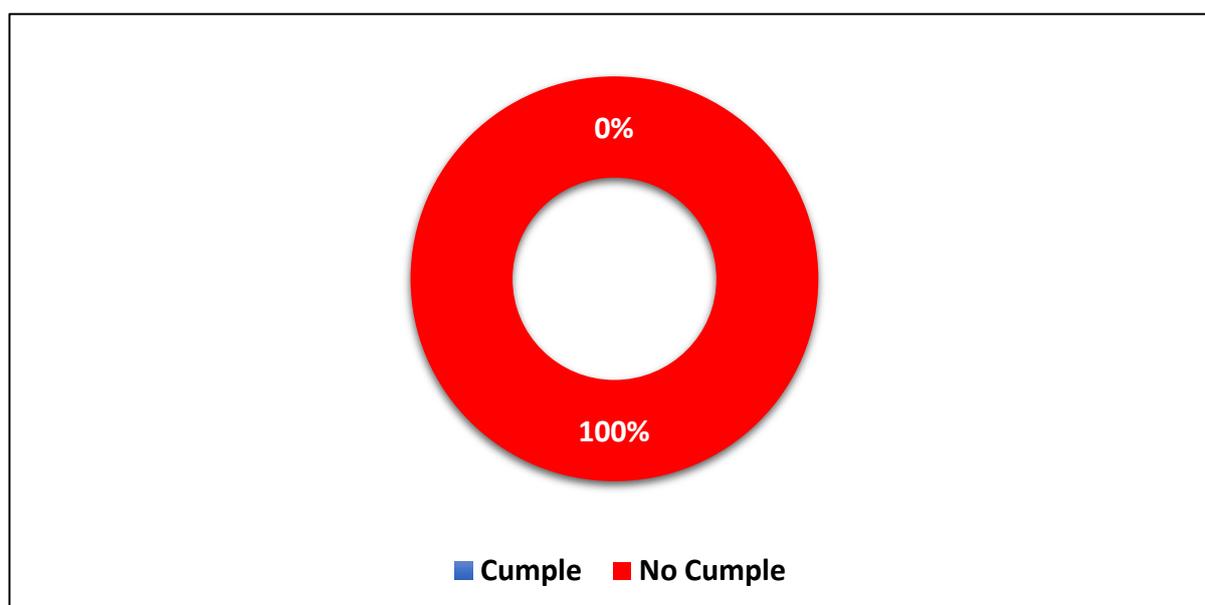
La berma es la franja de terreno adyacente a la calzada, situada entre el borde de esta y el talud o la cuneta. Su función principal es proporcionar un espacio adicional de seguridad, donde los vehículos pueden detenerse en caso de emergencia o realizar maniobras en situaciones críticas. Además, la berma ayuda en la estabilización de la carretera y el drenaje superficial, evitando que el agua se acumule en la calzada.

El Manual de Carreteras DG-2018 en la tabla 304.02, establece valores mínimos para la anchura de las bermas, dependiendo de la clasificación de la vía y la velocidad de diseño. En el caso de la carretera Jaén – San Ignacio, dada su clasificación y velocidad de diseño, el manual indica que la berma debe tener una anchura mínima de 3.00 metros.

A continuación, se presenta la tabla 30 donde se evaluó la berma existente en el tramo estudiado, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000. En esta tabla se indican las progresivas de inicio y fin, la berma actual, el valor exigido por el DG-2018, y la verificación de si la berma cumple con la normativa vigente.

Tabla 30*Evaluación de bermas*

Progresiva (km)	Berma existente (m)	Berma Mínima exigida (m)	Evaluación de calzada
22+000 - 39+000	0.80 – 1.20	2.60	No cumple

Figura 23*Porcentaje de conformidad de las bermas***Análisis**

De la tabla 30 y figura 23: los resultados de la evaluación de las bermas en el tramo de la carretera Jaén – San Ignacio muestran que el 100% no cumplen con los valores establecidos por el Manual DG-2018. La normativa exige que las bermas tengan una anchura mínima de 2.60 metros para carreteras de primera clase, tipo III; sin embargo, las bermas existentes varían entre 0.80 y 1.20 metros a lo largo de todo el tramo estudiado. Esta diferencia significativa representa una seria deficiencia en cuanto a la capacidad de la vía para garantizar la seguridad vial.

3.3.2.2. Evaluación de acuerdo a la consistencia geométrica

La consistencia geométrica de una carretera es un elemento fundamental en el diseño vial, ya que asegura que las características geométricas de la vía sean compatibles con la velocidad y las condiciones de operación del tráfico. Una carretera que cuenta con una buena consistencia geométrica contribuye a reducir los riesgos de accidentes, al proporcionar transiciones suaves y predecibles para los conductores, lo que minimiza situaciones imprevistas que podrían comprometer la seguridad vial.

A continuación, se presenta la tabla 33 con los datos obtenidos con su respectiva clasificación (buena, regular y malo).

Análisis:

La tabla 33 presenta que para el criterio I, los valores altos indican una diferencia significativa entre la velocidad de diseño y la velocidad a la que los conductores circulan realmente. Esto puede ser señal de un diseño inadecuado o de condiciones de la vía que no permiten alcanzar la velocidad de diseño. Los valores bajos indican una buena concordancia entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación, lo que sugiere un diseño adecuado.

Para el criterio II, los valores altos indican cambios bruscos en la velocidad de operación entre elementos consecutivos de la vía. Estos cambios pueden generar incomodidad y riesgo para los conductores. Valores bajos indican una transición suave entre los elementos geométricos, lo que favorece una conducción más segura y confortable.

3.3.3. Presentación de resultados

Los resultados que a continuación se detallan responden al tercer objetivo específico: Evaluar la seguridad vial de las características geométricas en la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, de acuerdo a la consistencia geométrica y la normatividad vigente (DG-2018).

que la mayoría de los tramos permiten una operación continua y segura sin grandes variaciones de velocidad. No obstante, tanto un 24% de los elementos presentan consistencia regular como una consistencia mala, respectivamente. Estos resultados indican que, aunque más de la mitad de los tramos tienen características geométricas que permiten una circulación fluida, hay una cuarta parte de la vía en la que las diferencias de velocidad entre tramos adyacentes son lo suficiente para comprometer la seguridad de los usuarios.

3.3.4. Evaluación de accidentes ocurridos en la carretera Jaén-San Ignacio (Prog. km 22+000 – km 39+000)

A continuación, se detalla un compendio de los siniestros viales registrados en el tramo carretero Jaén-San Ignacio durante el periodo comprendido entre los años 2020 y 2023. Esta información ha sido recopilada a partir de los registros oficiales de la Comisaría de Jaén.

La tabla 37 revela que en los tramos evaluados donde existe la más alta frecuencia de accidentes, las características geométricas de la carretera Jaén- San Ignacio (prog. Km 22+000 hasta km 39+000) tanto en planta, perfil y sección transversal existe un incumplimiento de la normativa DG-2018; traduciéndose como un preocupante escenario de inseguridad vial. Los elevados porcentajes de incumplimiento en elementos como la longitud de curvas horizontales (71%), los sobrecanchos (86%), la visibilidad en curvas verticales (90%), calzada (100%), bermas (100%) y peraltes (79%) sugieren que las características físicas de la vía están contribuyendo significativamente a la ocurrencia de accidentes.

3.4. Propuestas de mejoras que puedan aplicarse a las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio para incrementar la seguridad vial desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000

Los resultados que a continuación se detallan responde al cuarto objetivo específico: Proponer mejoras que puedan aplicarse a las características geométricas de la carretera para incrementar la seguridad vial desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000.

Basándose para una velocidad de diseño de 60km/h para una carretera de primera clase, tipo III:

- Diseñar el mejoramiento de la carretera considerándola de primera clase, tipo 3. Esta actualización permitirá aplicar los estándares adecuados para carreteras de esta categoría y justificar las mejoras necesarias en la infraestructura.
- Ampliar la longitud de las curvas horizontales que actualmente no cumplen con los estándares para mejorar la visibilidad y la seguridad en estas zonas críticas. Asegurar que todas las curvas cumplan con los requisitos de longitud para minimizar el riesgo de accidentes.
- Rediseñar las curvas con radios que no cumplen con la normativa a 105 metros como mínimo y ajustar los peraltes para asegurar la estabilidad de los vehículos en curvas. Aumentar la inclinación del peralte en las curvas para mejorar la adherencia y reducir el riesgo de derrapes.
- Corregir el sobreancho en las curvas para proporcionar espacio suficiente para vehículos de gran tamaño y evitar la invasión del carril contrario. Esto ayudará a prevenir colisiones y mejorar la seguridad en las zonas curvas.
- Aumentar la longitud de los tramos en tangente que actualmente no cumplen con los requisitos para proporcionar estabilidad y descanso visual a los conductores, longitud

mínima de tramos tangente en S de 83 metros y en O de 167 metros. Asegurar que todos los tramos en tangente sean adecuados para la conducción segura.

- Ampliar los tramos en los que la visibilidad de adelantamiento no cumple con los estándares para permitir maniobras seguras de adelantamiento. Eliminar obstáculos visuales y mejorar la señalización para facilitar la visibilidad en estos tramos.
- Aumentar el ancho de la calzada a 7.20 metros como mínimo y las bermas a 2.60 metros como mínimo para cumplir con los requisitos de seguridad. Proporcionar suficiente espacio para maniobras de emergencia y mejorar la seguridad en la carretera.
- Mejorar la visibilidad en las curvas verticales y ajustar las pendientes a 7% como máximo para cumplir con los estándares de seguridad. Asegurar que las transiciones en pendientes sean suaves y seguras para una conducción adecuada.
- Instalar señalización vertical y horizontal que cumpla con los estándares de seguridad para carreteras de primera clase. Incorporar dispositivos de seguridad como barreras de contención en puntos críticos para proteger a los conductores y reducir el riesgo de accidentes.

A continuación, se resume un plan de acción que podría aplicarse:

Tabla 38

Fases del Plan de Acción

Fases	Actividades
Fase de Diseño Detallado	<ul style="list-style-type: none"> – Elaboración de planos y especificaciones técnicas. – Realización de cálculos estructurales y geotécnicos. – Selección de materiales y equipos.
Fase de Adquisiciones	<ul style="list-style-type: none"> – Licitación y contratación de empresas constructoras. – Adquisición de materiales y equipos. – Gestión de permisos y licencias.
Fase de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> – Ejecución de obras según planos. – Supervisión y control de calidad. – Gestión de residuos y mitigación de impactos ambientales. – Instalación de señalización final
Fase de puesta en Marcha	<ul style="list-style-type: none"> – Pruebas de funcionamiento. – Capacitación de personal en mantenimiento y seguridad. – Apertura del tramo

La tabla 38 muestra un plan de acción generalizado.

de Lamm, así como los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico DG-2018. Esto asegura un enfoque metodológico uniforme, permitiendo identificar niveles de incumplimiento normativo y de inconsistencia geométrica en planta, perfil y sección transversal de manera comparable. Las similitudes también reflejan que las carreteras evaluadas enfrentan desafíos comunes en su diseño geométrico, lo que subraya la necesidad de aplicar las mismas herramientas y estándares técnicos para diagnosticar problemas y proponer mejoras que incrementen la seguridad vial.

Con respecto al cuarto objetivo específico, las propuestas de soluciones se han centrado en corregir las principales deficiencias geométricas identificadas en el tramo evaluado, que incluyen el incumplimiento en la longitud de curvas horizontales, sobrecanchos, tramos tangentes, calzada, bermas y distancias de visibilidad. Estas propuestas buscan garantizar el cumplimiento de la normativa vigente (DG-2018), permitiendo una carretera segura. Comparando con otras investigaciones, como la de Cubas (2021), Sánchez (2023) y Cascos (2023), quienes proponen modificaciones similares en sus investigaciones, dado que las carreteras que estudiaron presentan deficiencias en sus elementos geométricos. Estas propuestas de modificación se realizaron para el cumplimiento del Manual de Carreteras DG-2018, los resultados de estos estudios refuerzan la importancia de aplicar medidas correctivas para reducir los riesgos viales en tramos con incumplimientos geométricos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que las características geométricas tanto en planta, perfil y sección transversal influyen en un 54.25% en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 – 2024. Por lo tanto, se confirma la hipótesis de este estudio, ya que los resultados alcanzados están cercanos a las estimaciones propuestas.
- Se realizó el estudio de tráfico de la carretera Jaén-San Ignacio, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, durante siete días de la semana en ambos sentidos donde se obtuvo un Índice Medio Diario Anual (IMDA) de 3987 vehículos por día, lo que clasifica este tramo como una carretera de primera clase de acuerdo con los parámetros del Manual de Carreteras DG-2018.
- Se identificó las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 mediante un levantamiento topográfico detallado para luego llevar a cabo el modelado de la carretera en el software Civil 3D, con esta información se obtuvo las características geométricas, en planta (19 curvas horizontales, 18 tramos en tangente, 18 radios, 19 sobreanchos), en perfil (pendientes, 19 curvas verticales) y sección transversal (calzadas, bermas), dicha información fue utilizada para realizar la evaluación siguiendo los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.
- Se evaluó la seguridad vial en la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, del cual se obtuvo un incumplimiento respecto al Manual de Carreteras DG-2018 en las características geométricas un 46.33% en Planta, un 28% en Perfil y un 96.33% en sección transversal, este incumplimiento hace que la carretera

sea insegura. De acuerdo a la consistencia geométrica propuesta por Lamm tuvo como resultados para el Criterio I, un 64% de los elementos geométricos presentaron una inconsistencia entre regular y mala, lo que refleja una diferencia significativa entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño. Para el Criterio II, se encontró que 48% de los elementos presentan inconsistencia entre regular y mala, lo que implica que casi la mitad del tramo no permite una operación vehicular continua y segura debido a las variaciones de velocidad, afectando negativamente la seguridad vial.

- Se propuso mejoras que puedan aplicarse a las características geométricas de la carretera para incrementar la seguridad vial desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, estas propuestas de soluciones se centraron en diseñar el mejoramiento de la carretera considerándola de primera clase, tipo III, esta actualización permitirá corregir las principales deficiencias geométricas identificadas en el tramo evaluado, como el incumplimiento en la longitud de curvas horizontales, sobreelevaciones, tramos tangentes, calzada, bermas y distancias de visibilidad. Estas propuestas buscan garantizar el cumplimiento de la normativa vigente (DG-2018), permitiendo una carretera segura.

5.2. Recomendaciones

- Elaborar un plan de intervención gradual implica diseñar un conjunto de acciones organizadas en etapas o fases que se implementarán a lo largo del tiempo para mejorar las características geométricas de la carretera, priorizando aquellas áreas que presentan los mayores riesgos o incumplimientos normativos.
- Establecer un protocolo para la realización de estudios de tráfico periódicos, cada cinco años, para monitorear el IMDA en la carretera Jaén-San Ignacio. Estos estudios ayudarán a identificar cambios en el volumen y tipo de tráfico, proporcionando información clave a las autoridades competentes. Con base en estos datos actualizados, se podrán tomar decisiones informadas y proactivas sobre la necesidad de realizar mejoras o ajustes en las características geométricas de la carretera, garantizando que se mantenga adecuada y segura a lo largo del tiempo.
- Implementar un sistema de levantamiento topográfico detallado y preciso para futuros proyectos, utilizando el GPS diferencial en áreas despejadas y estaciones totales en zonas con vegetación densa o donde se dificulte la recepción de señal satelital. Este protocolo asegurará que los datos obtenidos sobre las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio sean lo más precisos y completos posible, facilitando su uso en estudios futuros o proyectos de mejora.
- Reducir la discrepancia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño mediante estudios adicionales sobre la velocidad de operación en las áreas que presentan mayores inconsistencias según los Criterios I y II de Lamm, y a partir de estos resultados, introducir señalización y elementos de control de tráfico que reduzcan la velocidad en las zonas críticas. De esta manera, se alinearán las condiciones reales de operación con las velocidades de diseño, disminuyendo el riesgo de accidentes y aumentando la seguridad vial del tramo.

- Rediseñar la carretera Jaén – San Ignacio, considerando su clasificación como una carretera de primera clase, tipo III, conforme a la normativa establecida en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akinyi, M. (2022). *Effect of geometric design consistency on road safety: a case study of the Nairobi Southern Ring Road (UCA-2)*. [Tesis de maestría, Jomo Kenyatta University Of Agriculture And Technology]. <http://ir.jkuat.ac.ke/handle/123456789/5780>
- Alcantara Villa, I. A. (2021). *Propuesta De Diseño Geométrico Basado En La Dg-2018 Para Mejorar La Seguridad Vial-Nominal Del Tramo Km 9 + 100 - 10 + 000, En La Carretera Carhuamayo-Junin*. [Título Profesional, Universidad Peruana Los Andes]. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3709>
- Alghafli, A., Mohamad, E., & Ahmed , A. (2021). The Effect of Geometric Road Conditions on Safety Performance of Abu Dhabi Road Intersections. *MDPI*. <https://www.mdpi.com/2313-576X/7/4/73#:~:text=At%20different%20types%20of%20intersections,by%20different%20types%20of%20intersection.>
- Alvarado Rodríguez, R. (2023). *Análisis De La Seguridad Vial De La Carretera Tahuan – Sendamal En Función A La Consistencia De Las Características Geométricas*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5911>
- Alvarez Ruiz, J. F. (2019). *Influencia del diseño geométrico sobre la seguridad vial de la carretera Mollepata - Catillambi basada en los parámetros de norma DG-2014*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2917>

Arévalo Córdova, R. A. (2023). *Evaluación de las características geométricas de la carretera Tablón-El Triunfo-Perico, distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio-Cajamarca, de acuerdo con la normatividad peruana*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6166>

ANDINA: Agencia Peruana de Noticias. (21 de Marzo de 2023). Cajamarca: Consejo de Seguridad Vial buscará reducir alto índice de accidentes de tránsito. *ANDINA*.
<https://andina.pe/agencia/noticia-cajamarca-consejo-seguridad-vial-buscara-reducir-alto-indice-accidentes-transito-933516.aspx>

Anuario Estadístico Policial PNP. (2022). *Boletín Estadístico Policial I Trimestre 2022*.
<https://www.policia.gob.pe/estadisticopnp/documentos/boletin-2022/I-boletin-2022-DIRTIC-PNP.pdf>

Arias Meza, J. I., & Remolina Tirado, I. C. (2018). *Análisis de consistencia del diseño geométrico en una carretera de dos carriles en terreno llano desde km (12+938) vía la fortuna hasta el km (19+473) vía la lizama en ambos sentidos en el departamento de Santander*. [Título Profesional, Universidad Pontificia Bolivariana].
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5622/digital_37579.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arribasplata Urbina, E. (2019). *Influencia de las características geométricas de la carretera entre C.P. Malat - San Antonio - El Tambo, distrito de José Sabogal - San Marcos - Cajamarca, para la seguridad de la Vía*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3743>

- Avila Risco, M. (2022). *Análisis de la seguridad vial de la carretera centro poblado El Llimbe – Caserio La Laguna Sulluscocha en función a la consistencia, Cajamarca 2021*. [Título Profesional, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32041>
- Bautista Paico, J. (2021). *Análisis de la seguridad vial desde el diseño geométrico de la carretera Canchaque - Huancabamba*. [Título Profesional, Universidad de Piura].
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5083?locale-attribute=en>
- Bernal Torres, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). Colombia: PEARSON EDUCACIÓN. <https://drive.google.com/file/d/1-3wqx7vGGCn6O4FxMPkzKwl5E4tByYXX/view>
- Carrera Terrones, J. W. (2019). *Evaluación De La Seguridad Vial De La Carretera La Shita – Atumpata Km 00 + 00 – Km 05 + 00 En Función A Sus Parámetros De Diseño Geométrico*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3038>
- Carrio Izquierdo, A. (2022). *Análisis de la consistencia de las características geométricas para la seguridad vial de la carretera Cajamarca - C.P. Candopampa según las normas de diseño geométrico de carreteras DG - 2018*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5161>
- Cascos Torres, H. A. (2023). *Evaluación De La Seguridad Vial De La Carretera Emp. Pe-3n C (Chota) – C.P. Chuyabamba En Función A Sus Parámetros De Diseño Y Señalización*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5872>

- Chávez Alvarez , L. F. (2023). *Análisis de la seguridad vial de la carretera del C.P. Guayao-C.P.Machaypungo en función a la consistencia de la geometría Celendín-Cajamarca*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5792>
- Cubas Becerra, A. (2021). *Influencia de las características geométricas de la carretera San Juan-Choten en la seguridad vial-Cajamarca*. [Tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/8684>
- Defensoria del Pueblo. (2023). *Reporte Defensorial de accidentes de tránsito N° 01- Abril 2023*. Lima. <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2023/04/Reporte-Defensorial-de-accidentes-de-tr%C3%A1nsito-N01-Abril-2023.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (6ta ed.). México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Huamán Huamán, J. E. (2019). *Evaluación De La Seguridad Vial De La Carretera Cajamarca – Bambamarca Tramo Km 00+000 – Km 14+000 Porcón Bajo, En Función A Sus Parámetros De Diseño*. Cajamarca. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2950>
- Jara Niño, S., & Alberto Mestre, E. (2020). *Análisis de seguridad vial en una intersección de alta accidentalidad en el municipio de Aguazul-Casanare, Colombia*. [Título de Especialista, Universidad Santo Tomas].
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/27281>
- Martos Siccha, W. (2021). *Influencia de las características geométricas de la carretera Catan-Yuracmarca del distrito de Jesús de la provincia de Cajamarca, en la*

De Diseño Geométrico De Carreteras Dg-2018. [Título Profesional, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24743>

Quispealaya Solano, Y. (2021). *Determinación de un tramo de concentración de accidentes del km 90 al km 130 de la carretera Central Lima – La Oroya y propuesta de mejoramiento en la señalización y seguridad vial para reducir la tasa de accidentes de tránsito*. [Título Profesional, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/0fbf2c03-a5d4-4b57-ae2b-cf336b870ec5>

Romero Morales, M. (2022). *Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial*. [Título Profesional, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5428>

Romo Moreno, R. (2022). *Influencia del Diseño Geométrico en Seguridad Vial de Carreteras con Bajo Volumen de Tránsito No Pavimentada Llochegua - Canayre - Huanta 2018*. [Título Profesional, Universidad Peruana Los Andes]. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4389>

Sánchez Chacón, W. (2023). *Análisis de las Características Geométricas de la Carretera Santa Cruz de Succhabamba-C.P. Maraypampa en función al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6139>

Solano Rioja, J. (2018). *Implementación de señalización de tránsito para la prevención de accidentes en las avenidas Mesones Muro y Pakamueros de la ciudad de Jaén*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1839>

- Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN).
(2022). *REPORTE ESTADÍSTICO DE SINIESTROS VIALES 2022*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4489498/Reporte%20Estadístico%20de%20Siniestros%20Viales%202022.pdf>
- Terrones Vera, C. (2020). *Análisis de la seguridad vial de la carretera Celendín - Balzas tramo C.P. Santa Rosa - caserío Gelig en función a sus características geométricas*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3723>
- Tesema, F. (2020). *Effect of geometric design parameters on traffic accidents along the Black Spot section; A case study Bridge between the city of Sekoru and the Gibe river – Ethiopia*. [Título Profesional, Jimma University].
<https://repository.ju.edu.et/bitstream/handle/123456789/5505/Final%20Thesis%20of%20Feyissa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villena Herrera, M. F. (2021). *Análisis de la Consistencia de la Carretera Centro Poblado Huambocanca Alta-Centro Poblado Porcón Bajo y su relación con la seguridad vial*. [Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4368?show=full>
- Westreicher, G. (2021). MUESTREO EN CUOTAS.
<https://economipedia.com/definiciones/muestreo.html>

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por ser nuestra guía y fuente de fortaleza en cada paso de este camino. Su luz ha iluminado nuestras decisiones y nos ha dado la determinación necesaria para enfrentar los desafíos.

A nuestra Universidad Nacional de Jaén, por brindarnos un ambiente propicio para el aprendizaje y el crecimiento personal y académico. Agradecemos a todos los profesores y al personal que contribuyó a nuestra formación y nos inspiró a alcanzar nuestras metas.

Un agradecimiento especial a nuestra asesora Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña, por su valioso apoyo y orientación durante el desarrollo de esta investigación. Su paciencia, conocimiento y compromiso han sido fundamentales para la culminación de esta tesis.

A nuestras familias, por su amor incondicional, apoyo constante y motivación en cada etapa de este proceso. Su confianza en nosotros nos ha impulsado a esforzarnos y a dar lo mejor de nosotros mismos.

Por último, a nuestros amigos de la vida, quienes han estado a nuestro lado en los momentos difíciles y han celebrado nuestras alegrías. Gracias por ser un pilar en nuestra vida y por compartir este viaje con nosotros.

A todos ustedes, ¡gracias de corazón!

DEDICATORIA

A mis padres, Delmira Cieza Rojas y Audiberto Banda Rafael, por su amor incondicional, su paciencia y su apoyo incansable. Cada sacrificio que han hecho ha sido la base que me permitió llegar hasta aquí. Este logro es tan suyo como mío, pues sin su guía y fortaleza, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer.

A mis hermanas, por ser mi fuente constante de inspiración, por su compañía incondicional y por animarme siempre a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes.

A mi mejor amigo Jhor Wily Toro Irureta, con quien compartí este arduo pero gratificante viaje de la tesis. Ha sido un proceso lleno de retos, y juntos hemos superado cada uno con esfuerzo, dedicación y trabajo en equipo. Sin ti, este logro no habría sido posible, y hoy comparto este triunfo contigo con mucho orgullo y gratitud.

Wilson Jhoel Banda Cieza

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres:

A Dios, mi padre celestial, que ilumina mi camino, me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

A Lila Irureta Vásquez, mi madre, mi Chindunda, por tu inagotable amor que me das.

A Saul Toro Tenorio, mi padre, por ser mi mayor apoyo.

A mis hermanos:

A Jawer T. I., hermano mayor, por ser mi mayor inspiración.

A Oshin T. I., mi Tiernita, por tus palabras de apoyo constante.

A Shirley T. I., mi Chaparrita, por tu forma única de sacar sonrisas.

A mi tío:

A Idelso Tenorio Rodas, el mejor tío, por ser como mi segundo padre.

A mis sobrinos:

A Jhoran mi Nego, Jhanlina mi Malu, Brensis y Yarek; porque cada uno de ustedes me recuerda la importancia de ser curioso, valiente y auténtico.

A mi amigo y compañero de esta tesis:

A Wilson Jhoel Banda Cieza, por ser mi mejor amigo, comparto este triunfo contigo con mucho orgullo y gratitud.

¡Con amor y gratitud, Jhor Wily Toro Irureta!

ANEXOS

Anexo 1. PLANO DE UBICACIÓN

Anexo 2. PLANO CLAVE

Anexo 3. PLANO PLANTA Y PERFIL

Anexo 4. PLANOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL

Anexo 6. CONTEO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS

Anexo 7. VALIDACIÓN DEL FORMATO DE CONTEO VEHICULAR

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN, SEGÚN OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS GENERALES:

1.1.Nombres y apellidos del experto: Ray Colbert Jimenez Elera

1.2.Nombre del instrumento: Formato de conteo vehicular

1.3.Título de investigación: Influencia de las características geométricas en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 vial - 2024

1.4.Autores: Wilson Jhoel Banda Cieza y Jhor Wily Toro Irureta

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Criterios	Indicadores	Deficiente (0-20)%	Regular (20-40)%	Buena (40-60)%	Muy Buena (60-80)%	Excelente (80-100)%
Claridad	Esta formulado con lenguaje claro y especifico					X
Objetividad	Permite medir hechos observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
Suficiencia	Satisface la necesidad de la investigación					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la investigación					X
Consistencia	Basados en aspectos lógicos					X
Coherencia	Entre el problema, objetivos y hipótesis de la investigación					X
Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación					X

III. Promedio de valoración:

100%

IV. Opinión de aplicabilidad:

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación:

X

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación:

Jaén, 09 de febrero del 2024
Lugar y fecha



Ray
Ray Colbert Jimenez Elera
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 282843

Firma de juez experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN, SEGÚN OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS GENERALES:

1.1. Nombres y apellidos del experto: Jawer Toro Irureta.....

1.2. Nombre del instrumento: Formato de conteo vehicular

1.3. Título de investigación: Influencia de las características geométricas en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 vial - 2024

1.4. Autores: Wilson Jhoel Banda Cieza y Jhor Wily Toro Irureta

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Criterios	Indicadores	Deficiente (0-20)%	Regular (20-40)%	Buena (40-60)%	Muy Buena (60-80)%	Excelente (80-100)%
Claridad	Esta formulado con lenguaje claro y específico				X	
Objetividad	Permite medir hechos observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
Suficiencia	Satisface la necesidad de la investigación					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la investigación					X
Consistencia	Basados en aspectos lógicos					X
Coherencia	Entre el problema, objetivos y hipótesis de la investigación					X
Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					X

III. Promedio de valoración:

97.7%

IV. Opinión de aplicabilidad:

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación:

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación:

Jaén, 09 de febrero del 2024

Lugar y fecha



Javier Toro Irureta
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 178898

Firma de juez experto

Anexo 8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 39

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidades	Instrumento de Recolección de Información
<u>Independiente:</u> “Características Geométricas”	Diseño Geométrico en Planta	Longitud de curva horizontales	m	Equipo topográfico
		Tramos en tangente	m	
		Visibilidad de parada en tramos tangente	m	
		Visibilidad de adelantamiento en tramos tangente	m	
		Radios mínimos	m	
		sobreanchos	m	
	Diseño Geométrico en Perfil	Pendiente	%	
		Visibilidad en curvas verticales	m	
		Longitud de curvas verticales	m	
	Diseño Geométrico en Sección Transversal	Calzada	m	
		Bermas	m	
		Peralte	%	
	Cumplimiento de los elementos geométricos de la	Longitud de curva horizontales	m	Manual de carreteras - diseño geométrico DG-2018.
		Tramos en tangente	m	
		Visibilidad de parada en tramos tangente	m	
		Visibilidad de adelantamiento en tramos tangente	m	
		Radios mínimos	m	

<u>Dependiente</u> “Seguridad Vial”	carretera con los	sobreanchos	m	
	Parámetros de	Pendiente	%	
	diseño	Visibilidad en curvas verticales	m	
	geométrico.	Longitud de curvas verticales	m	
		Calzada	m	
		Bermas	m	
		Peralte	%	
Consistencia geométrica de la Carretera	Velocidad de Operación (V85) estimada en curvas horizontales.		Km/h	Criterios I y II de Lamm
	Velocidades de Operación (V85) estimada en tangentes.		Km/h	
Accidentalidad vial	Accidentes mortales		Número de accidentes	Estadística policial.
	Accidentes no mortales			
	Frecuencia de accidentes	Accidentes/km		
Seguridad vial de la carretera	Características geométricas que cumplen o no, con los parámetros de diseño.		%	Tablas de Resultados

Anexo 9. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 40

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicadores	Unidades	Instrumento de Recolección de Información		
<p>¿Influyen las características geométricas en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 vial - 2024?</p>	<p><u>Objetivo General:</u></p> <p>Determinar la influencia de las características geométricas en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva km 22+000 hasta km 39+000 – 2024.</p>	<p>Las características geométricas tanto en planta, perfil y sección transversal influyen en un 71% en la seguridad vial de la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 - 2024.</p>	<p><u>Independiente</u> “Características Geométricas”</p>	<p>Diseño Geométrico en Planta</p>	Longitud de curva horizontales	m	<p>Equipo topográfico</p>		
	<p><u>Objetivos específicos:</u></p> <p>–Realizar el estudio de tráfico de la carretera Jaén-San Ignacio, desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000.</p> <p>–Identificar las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio desde la</p>				Tramos en tangente	m			
					Visibilidad de parada en tramos tangente	m			
					Visibilidad de adelantamiento en tramos tangente	m			
					Radios mínimos sobreanchos	m			
				Pendiente	%				
	<p>–Identificar las características geométricas de la carretera Jaén – San Ignacio desde la</p>			<p>22+000 hasta Km 39+000 vial - 2024?</p>	<p>39+000 hasta Km 39+000 - 2024.</p>	<p>Diseño Geométrico en Perfil</p>		Visibilidad en curvas verticales	m
								Longitud de curvas verticales	m
								<p>Diseño Geométrico en Sección</p>	Calzada
	Bermas			m					

<p>progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 mediante un levantamiento topográfico detallado.</p> <p>–Evaluar la seguridad vial en la carretera Jaén – San Ignacio desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000, de acuerdo a las características geométricas, la consistencia geométrica y la normatividad vigente (DG-2018).</p> <p>–Proponer mejoras que puedan aplicarse a las características geométricas de la carretera para incrementar la seguridad vial desde la progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000.</p>	<p>Transversal</p>	Peralte	%	<p>Manual de carreteras - diseño geométrico DG-2018.</p>		
		<p><u>Dependiente</u> “Seguridad Vial”</p>	<p>Cumplimiento de los elementos geométricos de la carretera con los Parámetros de diseño geométrico.</p>		Longitud de curva horizontales	m
					Tramos en tangente	m
					Visibilidad de parada en tramos tangente	m
					Visibilidad de adelantamiento en tramos tangente	m
					Radio mínimos	m
					sobreanchos	m
					Pendiente	%
					Visibilidad en curvas verticales	m
					Longitud de curvas verticales	m
					Calzada	m
					Bermas	m
					Peralte	%
					<p>Consistencia geométrica de la Carretera</p>	<p>Velocidad de Operación (V85) estimada en curvas horizontales.</p>
Velocidades de	Km/h					

	Operación (V85) estimada en tangentes.		
Accidentalidad vial	Accidentes mortales		Número de accidentes
	Accidentes no mortales		
	Frecuencia de accidentes		
	accidentes/km		Estadística policial.
Seguridad vial de la carretera	Características geométricas que cumplen o no, con los parámetros de diseño.		%

Anexo 10. INFORME POLICIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

CARGO

SOLICITAMOS: INFORMACIÓN SOBRE ACCIDENTES DE
TRÁNSITO - TESIS UNIVERSITARIA

SEÑOR: COMISARIO DE LA COMISARIA PNP JAÉN

Nosotros, **Banda Cieza Wilson Jhoel**, identificado con DNI N° 75126051, domiciliado en Calle Nicolás Gutiérrez N° 607, Jaén, Jaén y **Toro Irureta Jhor Wily**, identificado con DNI N° 75882682, domiciliado en el Pasaje Segura N° 361, Jaén, Jaén. Bachilleres y tesistas de la Universidad Nacional de Jaén, ante Usted con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que, en el marco de nuestra investigación para la tesis titulada "**Influencia de las Características Geométricas en la Seguridad Vial de la Carretera Jaén - San Ignacio desde la Progresiva Km 22+000 hasta Km 39+000 - 2024**", nuestra labor académica busca contribuir al entendimiento y mejora de las condiciones de seguridad en la mencionada vía.

Entendemos que la información a solicitar es crucial para analizar los patrones de accidentes de tránsito y evaluar la relación entre las características geométricas de la carretera y la seguridad vial.

En este contexto, solicitamos amablemente la siguiente información:

- **Información detallada sobre accidentes de tránsito ocurridos en la Carretera Jaén - San Ignacio en el tramo de carretera mencionado desde el año 2020 hasta el año 2023.**
- **Datos específicos sobre la ubicación y circunstancias de cada accidente, incluyendo fecha, hora y cualquier otro detalle relevante.**
- **Estadísticas relacionadas con las causas más frecuentes de los accidentes de tránsito en la mencionada vía durante el período mencionado.**

Comprometemos el uso exclusivo para fines académicos e investigativos.

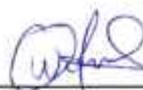
Adjuntamos a esta solicitud copias de nuestras credenciales como tesistas de la Universidad Nacional de Jaén.

Por lo expuesto:

Agradecemos su cooperación y quedamos a la espera de su pronta respuesta, dispuestos a proporcionar información adicional si es necesario.



Jaén, 04 de marzo del 2024.


BANDA CIEZA WILSON JOHEL
N° CEL. 921 278 597


TORO IRURETA JHOR WILY
N° CEL. 956 654 798

Jaen, 19 de Julio del 2024



[Handwritten Signature]
COT 19761544
JUAN CALDERCA BRITO
SUB OFICIAL DE TERCERA PWR

**Anexo 11. COORDENADAS GEODÉSICAS DEL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO**

Anexo 12. CERTIFICADOS DE CURSO DE CAPACITACIÓN



CERTIFICADO



Escanear para verificar

Otorgado a:

Jhor Wily Toro Irureta

Se extiende el presente certificado al alumno(a). Por cumplir exitosamente

los objetivos propuestos del curso de Especialización de :

AUTOCAD CIVIL 3D | INTERMEDIO

CONTENIDO DEL CURSO

Curso	Horas
AUTOCAD CIVIL 3D INTERMEDIO	: 100

CÓDIGO DE CERTIFICADO :vanzys416585647

FECHA DE INICIO : 18-07-2023

FECHA QUE FINALIZO : 22-11-2023

Verificar código de certificado:

www.vanzys.com/certificado

A circular stamp with the Vanzys logo and the name "ING. DAVIS MUÑOZ CELIS" next to a handwritten signature in black ink.

ING. DAVIS MUÑOZ CELIS



Vanzys Education INC
Fundada en San Francisco,
Estados Unidos.