

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**Evaluación del diseño geométrico 2018 de la carretera en el tramo progresiva
km 779+200 al km 779+600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023**

Asesor:

Ph.D, Vasquez Ramirez, Abbon Alex

Autor:

Gutierrez Sierra, Bryam Jose

Para optar el Título Profesional de:Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2025



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 011

En la ciudad de Abancay año 2025 en el mes de febrero día lunes del 17 siendo las 11:00 am, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0145-2025-EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 10 de febrero del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Ingeniería:

Presidente :	MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Ing. Cayo Baca, Holguer
Replicante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Evaluación del diseño geométrico 2018 de la carretera en el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 en la vía Lima - Cusco carretera 3s-Abancay 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Gutierrez Sierra, Bryam Jose

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Gutierrez Sierra, Bryam Jose	Aprobado

Siendo las 12:45 del mediodía concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Ing. Cayo Baca, Holguer

Replicante: Ing. Gamarra Mota, Rubén

(.....)
(.....)
(.....)

Abancay 20 de febrero del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 312.

(*): Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado. 11 a 15: Aprobado. 16 a 18: Aprobado Notable. 19 v

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

Evaluación del diseño geométrico 2018 de la carretera en el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 en la vía Lima - Cusco carretera 3s-Abancay 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%

Metadatos

Datos del autor	
Apellidos y Nombres	: Gutierrez sierra Bryam Jose
Tipo de documento de identidad	: DNI
Número de documento de identidad	: 72020263
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0005-3707-8295
Datos del asesor	
Apellidos y Nombres	: Vásquez Ramírez Abbon Alex
Tipo de documento de identidad	: DNI
Número de documento de identidad	: 06532658
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-7299-5367
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de investigación	: Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que realizó la investigación	: 2023 – 2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciada
Porcentaje de similitud	: 22%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

A mis amados padres Jose y Emma, quienes son mi pilar, mi motivación y mi mayor orgullo. Su amor incondicional y su apoyo inquebrantable han sido el motor que me ha impulsado a superar cada obstáculo en mi camino.

A mi hermana Natally por ser mi cómplice, gracias por creer en mi e inspirarme a ser la mejor versión de mí mismo.

A mi compañera de vida Pamela, por este recorrido compartido por su paciencia y comprensión, este es el comienzo de una vida llena de aventuras y metas cumplidas, ¡A seguir cosechando triunfos juntos!

A la memoria de mis Abuelos, cuyos legados perduran en mi vida.

Agradecimiento

A Nuestro creador dios, por mostrarme la senda de la vida, encaminarme, alimentarme de conocimientos, dándome paciencia y motivación para concluir esta maravillosa etapa profesional.

A mi familia amada, por ser el pilar en mi vida, inspirándome a ser mejor persona cada día y alentándome a realizar esta tesis.

A mi alma mater que viene impulsando la investigación, busca incentivar la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la etapa de pregrado en el estudio de nuestra realidad, con el objetivo de generar soluciones y contribuir al desarrollo de nuestro país.

A mi asesor Ph.D, Abbon Alex Vásquez Ramírez, por su orientación durante la ejecución de esta tesis. Su dedicación y conocimientos han sido fundamentales en mi formación académica.

Resumen

El objetivo de esta tesis fue evaluar las características del diseño geométrico de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco, carretera 3s - Abancay 2023, con el manual de carreteras: DG – 2018. La metodología es de enfoque cuantitativo y tipo aplicado, nivel descriptivo, diseño no experimental. Se determinó un IMDA= 3967 veh/día, terreno ondulado tipo 2 debido a su clasificación por orografía, carretera primera clase; ancho de calzada 7.20 m, ancho de carril 3.60 m, 60 km/h velocidad de diseño, vehículo de diseño semirremolque doble (T3S2S2). Otros parámetros de diseño incluyen 83.40 m. de longitud tangente mínima, 1002.00 m. de una longitud tangente máxima, 2% de pendiente mínima, 125.00 m radio de curvatura mínimo, 50.00 m de longitud mínima de curva de transición, 77.00 m. de distancia de visibilidad de parada y un peralte mínimo de 2.00 %.

Se concluye con las diferencias significativas entre las características geométricas de la vía en estudio y las normas establecidas en el manual DG-2018. Las consistencias de tramos tangentes, radios circulares, peraltes, curvas verticales y arcenes no cumplen al 100%. Las consistencias de peraltes cumplen en solo el 14.29%, y el 75.0% de las diferencias de grado algebraicas no cumplen con las características de diseño geométrico de vías según el manual DG-2018.

Palabras claves: Diseño geométrico DG-2018, Carretera de primera clase, Velocidad de diseño, Ancho de calzada, Pendiente mínima.

Abstract

The objective of this thesis was to evaluate the characteristics of the geometric design of the highway in the progressive section km 779 + 200 to km 779 + 600 on the Lima – Cusco road, highway 3s - Abancay 2023, with the highway manual: DG – 2018. The methodology has a quantitative approach and applied type, descriptive level, non-experimental design. An IMDA = 3967 vehicles/day is determined, undulating terrain type 2 due to its classification by orography, first class highway; road width 7.20 m, lane width 3.60 m, design speed 60 km/h, double semi-trailer design vehicle (T3S2S2). Other design parameters include 83.40 m. minimum tangent length, 1002.00 m. of a maximum tangent length, 2% minimum slope, 125.00 m radius of minimum curvature, 50.00 m minimum length of transition curve, 77.00 m. of stopping visibility distance and a minimum superelevation of 2.00%.

It concludes with the significant differences between the geometric characteristics of the road under study and the standards established in the DG-2018 manual. The consistency of tangent sections, circular radii, superelevations, vertical curves and shoulders do not comply 100%. The superelevation consistency complies with only 14.29%, and 75.0% of the algebraic grade differences do not comply with the geometric design characteristics of roads according to the DG-2018 manual.

Key words: Geometric design DG-2018, First class highway, design speed, road width, minimum slope.

Índice general

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice general	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xiii
Índice de anexos	xiv
I. Introducción	15
II. Planteamiento del problema	17
<i>2.1. Descripción y formulación del problema</i>	<i>17</i>
2.1.1. Problema General	19
2.1.2. Problema Especifico.....	19
<i>2.2. Objetivos</i>	<i>19</i>
2.2.1. Objetivo General	19
2.2.2. Objetivos Específicos	20
<i>2.3. Justificación e importancia</i>	<i>20</i>
<i>2.4. Hipótesis</i>	<i>21</i>
2.4.1. Hipótesis General.....	21
2.4.2. Hipótesis Específicas	21
<i>2.5. Variables</i>	<i>22</i>

III. Marco teórico	23
3.1. <i>Antecedentes</i>	23
3.2. <i>Bases teóricas.....</i>	32
3.3. <i>Definición de términos</i>	59
IV. Metodología.....	63
4.1. <i>Tipo y nivel de investigación.....</i>	63
4.2. <i>Ámbito temporal y espacial.....</i>	64
4.3. <i>Población y muestra</i>	64
4.4. <i>Instrumentos.....</i>	65
4.5. <i>Procedimientos.....</i>	66
4.6. <i>Análisis de datos</i>	68
4.7. <i>Consideraciones éticas.....</i>	69
V. Resultados y discusiones	70
VI. Conclusiones	96
VII. Recomendaciones	98
VIII. Referencias	100
IX. Anexos.....	105

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....	22
Tabla 2 Demanda de carreteras y su clasificación.....	33
Tabla 3 Clasificación de carreteras por orografía	35
Tabla 4 Categoría L, clasificación por tipo de vehículo	37
Tabla 5 Clasificación por tipo de vehículo, categoría M	38
Tabla 6 Longitudes de tramos en tangente.....	45
Tabla 7 Clasificación por demanda.....	70
Tabla 8 Clasificación por orografía del tramo	70
Tabla 9 Parámetros fundamentales del vehículo tipo O (definido para diseño vial) de acuerdo el Reglamento Nacional de Vehículos vigente (D.S. N° 058-2003-MTC o su modificatoria)	71
Tabla 10 Peso y medidas máximas permitidas del vehículo semirremolque T3S2S2	72
Tabla 11 Clasificación por rango de velocidades	72
Tabla 12 La longitud mínima requerida para asegurar el frenado y la detención segura de un vehículo, tomando en cuenta la velocidad de proyecto de la vía.....	72
Tabla 13 Visibilidad mínima necesaria para adelantar con seguridad en vías de doble sentido y un solo carril por sentido.....	73
Tabla 14 La longitud de los segmentos rectos de la carretera	73
Tabla 15 Valores límite para curvatura e inclinación transversal en proyectos viales	74
Tabla 16 Longitud mínima de curva de transición.....	74
Tabla 17 Radio exterior mínimo asociado al radio interno seleccionado para curvas de giro en intersecciones.....	75
Tabla 18 Transición de peralte	75
Tabla 19 Longitud de curvas convexas	76
Tabla 20 Longitud de arco de curvas cóncavas.....	77
Tabla 21 Clasificación por calzada	77

Tabla 22 Clasificación por bombeo de la calzada	78
Tabla 23 Valores extremos del peralte	78
Tabla 24 Derecho de vía mínimo (m)	78
Tabla 25 Resumen del diseño geométrico según la normativa DG-2018.....	79
Tabla 26 Regularidad geométrica en tramos rectos	80
Tabla 27 Coherencia geométrica de curvaturas	81
Tabla 28 Consistencia de sobreebanco.....	82
Tabla 29 Consistencia de peraltes.....	83
Tabla 30 Consistencia de pendiente vertical	84
Tabla 31 Consistencia de diferencia algebraica de pendiente	85
Tabla 32 Consistencia de longitud de curvas verticales.....	86
Tabla 33 Consistencia de calzada	87
Tabla 34 Consistencia de bermas	88
Tabla 35 Parámetros del diseño geométrico	91
Tabla 36 Prueba de normalidad	92
Tabla 37 Diferencia de parámetros del diseño geométrico	93
Tabla 38 Prueba de normalidad de la diferencia.....	93
Tabla 39 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	94
Tabla 40 Estadísticos de prueba	95

Índice de figuras

Figura 1 Rangos de la velocidad de diseño en función a la Clasificación de la carretera por demanda	40
Figura 2 En función de la velocidad de diseño y de la pendiente (Distancias de visibilidad de parada (m)	42
Figura 3 Distancia de visibilidad de paso	43
Figura 4 Simbología de la curva circular	46
Figura 5 Curvas de vuelta y sus alineamientos	48
Figura 6 Sobreancho en curvas	49
Figura 7 Curvas verticales convexas y cóncavas	52
Figura 8 Curvas verticales simétricas y asimétricas	53
Figura 9 Perfil transversal representado de una vía en curva de dos carriles, en un terreno con pendiente	54
Figura 10 Dimensiones mínimas de la calzada en tramos rectos	55
Figura 11 Ancho de bermas	56
Figura 12 Pendiente transversal de bermas	57
Figura 13 Valores del bombeo de la calzada	57
Figura 14 Ubicación del tramo progresivo km779+200 al km779+600	64
Figura 15 Regularidad geométrica en tramos rectos	80
Figura 16 Coherencia geométrica de curvaturas	81
Figura 17 Consistencia de sobreancho	82
Figura 18 Consistencia de peraltes	83
Figura 19 Consistencia de pendiente vertical	84
Figura 20 Consistencia de diferencia algebraica de pendiente	85
Figura 21 Consistencia de longitud de curvas verticales	86
Figura 22 Consistencia de calzada	87
Figura 23 Consistencia de bermas	88

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de Consistencia.....	106
Anexo 2 Operacionalización de variables.....	107
Anexo 3 Accidentes de tránsito registrados en el sistema SIDPOL correspondientes a la jurisdicción de la comisaria PNP Tamburco del frente policial Apurímac 2015-2022.....	108
Anexo 4 Accidentes de tránsito de la carretera en el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 carretera 3s – Abancay vía Lima – Cusco causados por semirremolque doble T3S2S2.....	120
Anexo 5 Número de despistes del año 2015 al 2022	121
Anexo 6 Número de choques del año 2015 al 2022.....	121
Anexo 7 Información del tráfico vehicular de los meses Mayo, Junio y Julio del 2023 brindado por Survial.....	122
Anexo 8 Formatos de conteo y clasificación vehicular	124
Anexo 9 Formato resumen de clasificación vehicular.....	131
Anexo 10 Resultados de los análisis de los tramos tangentes	133
Anexo 11 Resultados de los análisis de los radios circulares.....	134
Anexo 12 Resultados de los análisis de los sobrecanchos	134
Anexo 13 Resultados de los análisis de los peraltes.....	135
Anexo 14 Resultados de los análisis de pendientes verticales.....	135
Anexo 15 Resultados de los análisis de la longitud de curvas verticales.....	136
Anexo 16 Resultados de los análisis de la calzada.....	136
Anexo 17 Resultados de los análisis de las bermas.....	137
Anexo 18 Clasificación por orografía.....	138
Anexo 19 Certificado de operatividad del GPS Diferencial.....	139
Anexo 20 Anexo 20 Planos.....	140
Anexo 21 Panel fotográfico	143

I. Introducción

El Perú se divide en tres regiones geográficas: costa, sierra y selva. La presente tesis se centra en la región sierra, exactamente entre la cordillera oriental y occidental de los andes peruanos, en donde la orografía tiende a ser ondulada y otras muy accidentadas, en estas condiciones existentes exigieron un análisis profundo del estado situacional de la carretera y sus características geométricas.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), es la entidad gubernamental encargada de la infraestructura vial del país, incluyendo su construcción y mantenimiento que, hasta el presente, ha desarrollado el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018, es el Instrumento técnico de ingeniería con normativa que consolida el conocimiento científico y establece las bases, metodologías, criterios para el diseño geométrico de carreteras. La presente investigación, enfocó el análisis crítico de las características que determinan el trazado geométrico de la carretera en el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 en la vía Lima – Cusco, carretera 3s-Abancay 2023 de 0.400 km, este se comparó con el Manual de Diseño Geométrico 2018, Se llevó a cabo un análisis al diseño geométrico detallado de la carretera, mediante la aplicación de una variedad de métodos de cálculo a los componentes que conforman las características geométricas en alineamiento horizontal (tramos tangentes, curvas circulares, curvas transición , sobreebanco y pendiente), alineamiento vertical (pendiente de curvas verticales “ cóncavas y convexas”) y secciones transversales (calzada, bombeo , peralte, taludes, derecho de vía, berma y cunetas); el tramo de estudio se clasificó como una carretera de primera clase, teniendo en cuenta variables como el volumen de tráfico (demanda), las características del terreno (orografía), la velocidad máxima permitida y el tipo de vehículos predominantes. Dada la relevancia de las características geométricas en el diseño de carreteras y su gran impacto en la seguridad vial, se realizó esta tesis con el objetivo de actualizar la información disponible sobre la carretera en mención. Los resultados obtenidos permitirán fundamentar

futuras intervenciones de mejora, contribuyendo al desarrollo de una infraestructura vial más eficiente y segura, en beneficio de la comunidad.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

La problemática se basa en evaluar el diseño geométrico de la carretera existente en la vía Lima – Cusco tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 carretera 3s– Abancay, así determinar si concuerda con los modelos y características del manual del diseño geométrico de carreteras 2018. El estudio identificó la alta tasa de accidentes en este tramo, debido a las deficiencias en el diseño geométrico, lo que compromete a la seguridad vial.

En el tramo progresiva km 779+200 AL km 779+600 , la proximidad de viviendas a la vía sin barreras de protección y la insuficiente visibilidad en curvas incrementan el riesgo de colisiones y ponen en peligro a residentes y conductores, esto puede aumentar el riesgo de colisiones, ya que la visibilidad en la curva es esencial para que los conductores puedan ver lo que viene en el camino.

En los Anexos 03, 04 y 05 se observan la información recopilada de la comisaría distrital de Tamburco sobre los incidentes viales de tránsito que ocurren en el tramo de la investigación desde al año 2015 al 2022. Los accidentes en los años 2015 al 2017 fueron incrementando, en el 2015 hubo un total de 7 accidentes de tránsito (5 por despistes y 2 por choque), en el 2016 un total de 8 (5 por despistes y 3 por choque), en el 2017 un total de 12 (6 por despistes y 3 por choque), en el 2018 (1 por despistes y 2 por choque) y en el año 2019 un resultado de 4 siniestros viales por choque y del año 2020 al 2022, 1 accidente por choque en cada año respectivo.

Los accidentes se atribuyen a fallas en el diseño geométrico, se puede ver que como radios de curvatura reducidos que dificultan el control vehicular por lo que los conductores pueden tener dificultades para mantener el control del vehículo a altas velocidades, lo que aumenta el riesgo de despiste y vuelcos debido a peraltes inadecuados que no compensan la fuerza centrífuga, los vehículos pueden tender a despistarse hacia el exterior de la curva, por no tener la pendiente transversal en dicha curva para compensar la fuerza centrífuga y ayudar a mantener la estabilidad del vehículo, las transiciones

abruptas en curvas “S” o un mal diseño, puede ser peligroso para los conductores que están atravesando la curva a altas velocidades, como despiste y choques de tránsito, por lo tanto, se recomienda instalar señalización preventiva para mitigar riesgos de advertencia adecuadas que indiquen la presencia de la curva y sus características (como velocidad máxima recomendada, para guiar a los conductores.

El tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 carretera 3s es ruta nacional, importante vía de comunicación en el sur de Perú y se utiliza para la movilidad de personas y mercancías en la región, se encuentra en excelentes condiciones debido a su concesión con la empresa SURVIAL S.A. y el mantenimiento periódico adecuado. Ha sido pavimentada con pavimento flexible que se adapta a las cargas y deformaciones causadas por el tráfico y condiciones climáticas, no obstante una pendiente incorrecta en una curva podría hacer que los vehículos tengan problemas para mantener la adherencia a la carretera, especialmente en temporadas de lluvias ya que el escurrimiento adecuado del agua en el asfalto flexible ayuda a prevenir problemas como el aquaplaning (deslizamiento sobre una capa de agua) y la formación de charcos, que podrían hacer que los vehículos pierdan tracción y control.

Por lo tanto, es imprescindible ejecutar un análisis al diseño geométrico del tramo existente en la vía Lima – Cusco progresiva km 779+200 AL km 779+600 carretera 3s– Abancay según el Manual de Diseño de Carreteras DG – 2018, con el fin de tener una visualización global de la coyuntura actual y lograr tomar medidas correctivas.

2.1.1. Problema General

- ¿Cuál es la evaluación de las características del diseño geométrico de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023, con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018?

2.1.2. Problema Especifico

- ¿Cuáles son las características topográficas de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023?
- ¿Cuáles son las características del diseño geométrico horizontal de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023, evaluando con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018?
- ¿Cuáles son las características del diseño geométrico vertical de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023, evaluando con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018?
- ¿Cuáles son las características del diseño geométrico de sección transversal de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023, evaluando con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

- Evaluar las características del diseño geométrico de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco, carretera 3s-Abancay 2023, con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Efectuar el levantamiento topográfico de la carretera el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023.
- Analizar las características del diseño geométrico horizontal de la carretera el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023, con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018.
- Analizar las características del diseño geométrico vertical de la carretera el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023, con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018.
- Analizar las características del diseño geométrico de sección transversal de la carretera el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s-Abancay 2023, con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018.

2.3. Justificación e importancia

Justificación

Aunque la interconexión vial entre caseríos y centros urbanos impulsa el desarrollo nacional, dicha evolución presenta una contrapartida crítica: el crecimiento sostenido de accidentes vehiculares (Labrador et al., 2022).

Importancia

La tesis surge con el propósito de desarrollar un análisis exhaustivo de las características geométricas en el tramo seleccionado, como respuesta a los frecuentes accidentes ocurridos y así contar con carreteras seguras y eficientes que fomenten el desarrollo socioeconómico de la región, promuevan el turismo y faciliten la conectividad de las comunidades locales, por ende el diseño, trazo geométrico de una carretera debe ser evaluado periódicamente para asegurar que se mantenga acorde a las normas y

estándares actuales. (García García, Pérez Zuriaga , & Camacho Torregrosa). Estos resultados podrán contribuir para tomar decisiones informadas en relación con futuras inversiones y mejoras que permitan una mayor eficiencia y seguridad en la carretera 3s. Por ello se justifica su impacto positivo en la conectividad, el desarrollo económico, la seguridad vial, el avance sostenible y el bienestar de los usuarios.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- Las características del diseño geométrico de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima - Cusco, carretera 3s-Abancay 2023, cumplirá con las especificaciones y estándares establecidos por el manual de carreteras: diseño geométrico - 2018.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- El levantamiento topográfico de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima - Cusco, carretera 3s-Abancay 2023, permitirá conocer características del diseño geométrico actual.
- Las características del diseño geométrico horizontal de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima - Cusco, carretera 3s-Abancay 2023, cumplirá con las especificaciones y estándares establecidos por el manual de carreteras: diseño geométrico - 2018.
- Las características del diseño geométrico vertical de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima - Cusco, carretera 3s-Abancay 2023, cumplirá con las especificaciones y estándares establecidos por el manual de carreteras: diseño geométrico - 2018.
- Las características del diseño geométrico de sección transversal de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima - Cusco, carretera 3s-Abancay 2023, cumplirá con las especificaciones y estándares establecidos por el manual de carreteras: diseño geométrico - 2018.

2.5. Variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>Variable independiente</p> <p>Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG-2018</p>	<p>Constituye un manual técnico que establece las técnicas y procedimientos normalizados para el diseño de infraestructuras viales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).</p>	<p>Evaluación del Diseño Geométrico – 2018</p>	<p>Alineamiento Horizontal o planta</p> <p>Alineamiento vertical o perfil longitudinal</p> <p>Sección transversal</p>	<p>Tramos en tangente</p> <p>Curvas circulares Curvas de transición Sobreancho</p> <p>Pendiente Curvas verticales (Cóncavas Convexas)</p> <p>Calzada Berma Bombeo Peralte Derecho de vía Taludes Cuneta</p>	<p>Manual de carreteras</p>
<p>Variable dependiente</p> <p>Carretera</p> <p>3s-Abancay tramo progresiva Km779+200 al Km 779+600 en la vía Lima - Cusco 2023</p>	<p>Hace referencia a un segmento específico de la carretera nacional que recorre la parte sur del Perú en el área de Abancay. (García Depestre, 2020)</p>	<p>Definición de la categoría de la carretera a través del Índice Medio Diario Anual (IMDA).</p> <p>Ejecución de la recopilación de datos topográficos.</p>	<p>Distancia de Visibilidad</p> <p>Planimetría Altimetría Seccionamiento</p>	<p>Visibilidad de Parada Visibilidad de Adelantamiento</p> <p>Coordenadas Horizontales Elevaciones Distancia pendiente</p>	<p>Formatos de evaluación</p> <p>GPS DIFERENCIAL</p>

Nota. Fuente: El autor

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

(Freire Ruiz, 2020) dentro del proyecto de graduación para su Título de Ingeniero Civil, denominado Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyopinllopata en el tramo km 20+000 - 24+000 perteneciente a los cantones Pujili y Pangua de la provincia de Cotopaxi.

El levantamiento topográfico de la vía existente y el análisis del tráfico promedio diario anual (TPDA) de 87 vehículos (incluyendo el 10% de tráfico atraído) determinaron que la vía se clasifica como Clase IV. Sin embargo, debido a la intervención de otros tramos en el estudio que completan la vía Shuyo-Pinllopata, se decidió mantener la denominación de Clase III y sus condiciones geométricas por criterios de uniformidad, salvo en casos excepcionales donde la geografía lo impida.

El diseño longitudinal y transversal de la vía se realizó utilizando un software especializado. El análisis determinó que el nivel más alto de gradiente longitudinal es del 7.5% en un tramo de 2.8 km. Esta estimación se considera aceptable, ya que permite que los vehículos pesados circulen sin esfuerzo excesivo y mantengan una velocidad adecuada, cumpliendo con las normas de seguridad vial.

Los estudios realizados determinaron un volumen de delimitación de terreno natural de 242.648,87 m³, suficiente para compensar el volumen de relleno de 34.978,74 m³. El material sobrante se almacenará para su uso posterior en la mejora de caminos vecinales cercanos a la vía.

El presupuesto referencial para los cuatro kilómetros de la vía es de \$821.816,17, y el rubro de excavación representa el 75% de este valor. Con base en esta información, el autor concluye que el estudio de pre factibilidad es viable y puede ser considerado para un estudio de factibilidad posterior.

(Siguencia Sigüencia , 2019) En su trabajo anterior a la consecución del título de Ingeniero Civil titulado Determinación de parámetros para el Diseño Geométrico vial urbano sobre la base de la norma Ecuatoriana y Normativas Internacionales, el autor recopila

normativas que indica parámetros para un diseño vial urbano; tales como jerarquía de vías urbanas, velocidades de diseño basadas en la clasificación vial, peraltes, elección correcta del eje de diseño, pendientes máximas y mínimas para proyectos nuevos, ancho de pista considerando el espacio para parada de buses, ciclo bandas, bermas, bandejones y zonas peatonales; además se indica la velocidad a utilizar, los radios para separadores centrales y zonas de isletas para el diseño geométrico.

El diseño inicial de las avenidas Colón, San Antonio y 24 de mayo en Cañar presentó deficiencias debido a la falta de parámetros específicos para vías urbanas en la normativa ecuatoriana (NEVI-12). Para subsanarlo, se utilizaron Normativas Internacionales que permitieron establecer parámetros adecuados, priorizando la seguridad vial de todos los usuarios. Se identificaron problemas como la velocidad de diseño excesiva, la ausencia de análisis de pendiente mínima y radios de curvatura inadecuados. Concluyendo que la NEVI-12 necesita actualizarse para incluir parámetros de diseño vial urbano, y que los profesionales del área deben estar familiarizados con las Normativas Internacionales para garantizar diseños seguros y eficientes.

(Cortes Orobio, 2023) En su trabajo anterior a la consecución del título de Especialista en Diseño y Construcción de Vías titulado Diseño Geométrico de la Vía entre la Vereda la Silvania al Centro Ecoturístico la Corunta del Municipio de Orito Departamento del Putumayo, el autor desarrolla un proyecto de diseño geométrico vial, considerando variables como la alineación vertical y horizontal asimismo de secciones transversales y volúmenes de los movimientos de tierras. Focalizado en el diseño geométrico de 1.7 km para conectar la Vereda La Silvania y el Centro Ecoturístico La Corunta (Municipio de Orito, Putumayo), este estudio aplicó una Investigación Mixta. Como conclusión clave, se determinó que el diseño, pese a las dificultades inherentes a una vía terciaria en terreno ondulado, se ejecutó con riguroso apego al Manual Geométrico del INVIAS 2008. Esto permitió obtener una vía que reúne los estándares de funcionalidad y de seguridad vial. Con el objetivo de garantizar una velocidad uniforme en toda la vía, se calculó la velocidad del tramo homogéneo (VTR) según los parámetros establecidos, incluso si el tramo era

más corto de lo recomendado. Con respecto al diseño en planta Se diseñó un trazado horizontal con curvas que permiten un cambio suave entre las vías rectas y las curvas, asegurando la comodidad y seguridad de los usuarios. Se utilizaron curvas circulares y espirales, cumpliendo con los estándares establecidos para vías terciarias. Con relación al diseño del perfil de la carretera se ajustó a la topografía terrestre, considerando la desviación de las rectas y la extensión de las curvas para garantizar una vía segura y funciona. El diseño del perfil longitudinal se realizó dentro de los límites de pendiente permitidos, priorizando la minimización de los movimientos de tierra. Las curvas verticales, tanto cóncavas como convexas, se diseñaron para asegurar la seguridad y el bienestar del usuario. Si bien algunas limitaciones topográficas y de propiedad impidieron cumplir con todos los parámetros ideales, el diseño final cumple con los requisitos básicos para una vía terciaria.

(Loachamín Simbaña & Carrión Latorre, 2022) Los autores en su investigación titulada Rediseño Geométrico de la vía Quito Loma de la comunidad de San Francisco de Oyacoto, Cantón Quito, Provincia de Pichincha. Elaboraron un análisis topográfico del tramo de carretera a ser rediseñado mostrando una superficie en el terreno que abarca una franja de la vía, clasificada como ondulada con pendientes naturales del 2% al 18%, la carretera registró un tráfico promedio diario anual de 305 vehículos en 2022. La proyección para el año 2042 anticipa un aumento a 510 vehículos, lo que ha clasificado la vía como clase III debido a que su tráfico se sitúa en el rango de 300 a 1000 vehículos por día para un intervalo de diseño.

Proponen el rediseño de una vía de 1.810 metros de longitud, con una sección transversal de 7.40 metros. La vía tendrá 6.7 metros de ancho, con dos carriles de 3 metros cada uno y un sobreaño de 40 cm. La pendiente transversal será del 7% y las cunetas de corte y relleno tendrán un ancho de 15 cm cada una, considerando una inclinación mínima del 0.5% para sostener el correcto funcionamiento de las cunetas y el drenaje del agua. Este rediseño permitirá aumentar la velocidad de circulación de 30 km/h a 50-60

km/h, siendo financieramente viable y rentable a largo plazo, generando beneficios económicos considerables.

(Delgado Melo & Gallo Cely, 2021) En su investigación para optar el Título de Especialista en Diseño y Construcción de Vías al título de Ingeniero Civil titulado: Guía práctica para la generación de carreteras de Diseño Geométrico de una carretera en formatos del Instituto Nacional de Vías - Invias a partir de la referencia generada por el Software AutoCAD Civil 3D 2017 y posteriores.

Este trabajo presenta una metodología para la generación de reportes estandarizados de localización y replanteo en proyectos viales del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia. La metodología se basa en el uso de AutoCAD Civil 3D para el diseño de la carretera y Microsoft Excel para la organización y presentación de los datos. Se desarrolló un caso de estudio para validar la metodología, y se concluyó que esta optimiza el trabajo de los ingenieros y diseñadores, reduce tiempos de organización de la información y facilita la generación de entregables de proyectos viales. La metodología es aplicable a otros reportes de diseño geométrico y se recomienda su implementación en proyectos viales del INVIAS.

(Delzo Cuyubamba, 2018) En su trabajo titulado “Propuesta de diseño geométrico y señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme ruta an-111 – Tingo chico, provincias de Huamalíes y dos de mayo, departamento de Huánuco”. Este trabajo da a conocer una propuesta de cambios en el diseño de las carreteras y la señalización para facilitar el transporte de mercancías y pasajeros en una vía rural en Perú. El objetivo es reemplazar la trocha carrozable existente por una carretera de tercera clase a nivel de asfaltado, aumentando la velocidad de diseño de 40 km/h a 55 km/h. El diseño se basa en los manuales DG-2014 y 2016 para el diseño geométrico y la señalización, respectivamente. Se han realizado estudios topográficos, geológicos y geotécnicos para definir los criterios de diseño adecuados. La carretera tendrá 6.0 m de ancho de calzada de y 3.5% pendientes longitudinales máximas. Se implementarán dispositivos de seguridad vial adecuados para obtener la seguridad de los transeúntes.

Para mejorar el tráfico, transitabilidad y seguridad vial del deteriorado Tramo 5 (Nuevas Flores – Quivilla – Tingo Chico) en Huánuco, Perú, este proyecto propone su diseño geométrico y de señalización. Siguiendo la normativa peruana DG-2014 y criterios internacionales, se elaborarán planos detallados, se optimizarán costos de movimiento de tierras y se diseñará señalización adecuada, garantizando un trazado seguro y cómodo. El propósito es facilitar el transporte, fomentar el desarrollo económico de la población local.

Para optimizar la conectividad de 24,500 habitantes en Huánuco, Perú, este trabajo propone un diseño geométrico de 10.6 km que enlaza Nuevas Flores, Quivilla y Tingo Chico con una vía de tercera clase asfaltada. Se eligió un trazo nuevo que supera al existente, diseñado bajo la norma peruana (MDGC 2014) con plataforma de 6 m, pendiente $\leq 4\%$, dos carriles, radio mínimo 45 m y velocidad 40 km/h. El autor automatizó el proceso mediante Excel, integrando sobreanchos, peraltes y distancias de seguridad. El balance de tierras arroja 168,995 m^3 de corte y 119,172 m^3 de relleno, la señalización ha sido implementada según lo dispuesto en el manual peruano de dispositivos de tránsito de 2016.

(Albert Robles , 2020) en su estudio titulado “Evaluación de los parámetros del diseño geométrico de la carretera Huaraz - Santo Toribio (l=16 km) con el Manual de Diseño Geométrico 2018, año 2020” El análisis de parámetros arrojó: IMDA de 251 veh/día; longitudes promedio de tangentes en curvas S (19.41 m) y O (21.28 m); radio mínimo promedio de 53.34 m; sobreancho promedio de 0.26 m; peralte promedio de 5.21%; pendiente vertical promedio de 8.06%; diferencia algebraica de pendientes promedio de 3.17%; longitudes promedio para curvas verticales convexas (15.45 m) y cóncavas (15.91 m); ancho de calzada promedio de 6.11 m; y berma promedio de 0.89 m.

Este diseño para carreteras de tercera clase (terreno accidentado Tipo 3, IMDA < 400 veh/día) establece: vehículo tipo camión C2, distancia de visibilidad de parada de 29.00 m, velocidad de 30 km/h. La sección transversal tiene calzada de 6.00 m (2 carriles de 3.00 m), bombeo del 3.00%, bermas de 0.50 m. En alineamiento horizontal, el radio mínimo es 25.00 m, con curvas de transición entre 19.22–24.49 m y tangentes de 42.00–500.00 m (radio sin transición: 55.00 m). Los peraltes varían del 2.00% al 12.00%, las pendientes

longitudinales del 0.50% al 10.00%, y la pendiente mínima en cuneta es 0.50% para drenaje adecuado.

De las características mínimas establecidas en la norma DG –2018 el tramo no cumplió con las consistencias en los siguientes porcentajes: 94.02 % de tramos tangentes, 30.88 % de radio circular; 97.93 % de sobre anchos, 32.95 % de peraltes, 15.63 % de pendientes verticales; 51.03 % de diferencias de pendiente algebraica, 31.30% de las consistencias de calzada, 99.41 % de las consistencias de curvas verticales, 34.68 % de los análisis de bermas.

Las características geométricas encontradas en la carretera no cumplen con los estándares y debe ser modificado para adaptarse a las necesidades futuras y al desarrollo de la ciudad. Las soluciones propuestas incluyen rectificar tramos, rediseñar curvas, suavizar pendientes y ensanchar la vía. Es importante considerar el planeamiento urbanístico y demarcar un derecho de vía adecuado para futuras modificaciones.

(Condorena Paredes , 2021) En su investigación titulada Propuesta de mejora del Diseño Geométrico de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza año 2018 tuvo como objetivo principal realizar la mejora del diseño geométrico del tramo y que el nivel de servicio del tramo sea adecuado para el usuario, el investigador consideró la clasificación de la carretera como "Tercera Clase", así como el tipo de vehículos que predominan (automóviles) y el de mayor criticidad (buses de 2 ejes).

Con velocidad de 30-40 km/h (por IMDA=15 veh/día y relieve complejo), se establecieron parámetros como pendiente máxima 10%, peralte 12%, radio mínimo 25 m e índice de curvatura 0.60. El levantamiento topográfico permitió ajustar radios y longitudes de curvas verticales (2.10 m mín.). La adopción de una sección transversal inferior a la norma DG-2018 –avalada por estudio económico– reduce costos y tiempos críticamente, consolidando la viabilidad técnica-económica.

(Quiroz Marquez, 2020) En su investigación titulada “Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajabamba-ponte (km 52+300 – km 48+050) de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de carreteras DG-2018.”

El autor efectuó el levantamiento topográfico del tramo carretero Cajabamba – Ponte (Km 52+300 al Km 48+050) con el objetivo de representar gráficamente el estado actual de la vía y así evaluar sus características geométricas en perfil, planta y sección transversal, comparándolas con las características mínimas del manual DG-2018.

Respecto a la geometría en planta, solo el 38% de los tramos rectos tipo “S” satisfacen la longitud mínima requerida, mientras que ningún tramo recto tipo “O” cumple con este criterio. Además, únicamente el 28% de las curvas simples presentan el radio mínimo exigido, aunque todas las curvas de volteo sí cumplen con su radio mínimo establecido.

El 96% de las pendientes del diseño cumplen con los estándares. Para curvas verticales, el 86% de las convexas y el 71% de las cóncavas satisfacen la longitud mínima requerida.

Los resultados de la evaluación evidencian que las secciones transversales revelan un porcentaje considerable que no cumple con las características de ancho de corona y berma establecidos en el manual DG-2018. La topografía accidentada y el alto índice de tráfico vehicular (IMDA= 1660 veh/día) hacen necesario implementar mejoras en la infraestructura y señalización vial. A partir del levantamiento topográfico detallado y el análisis con software especializado, se proponen correcciones en las secciones transversales y la implementación de un plan de señalización que incluya información sobre curvas peligrosas y limite la velocidad a 30 km/h. La incorporación de estas opciones permitirá mejorar la seguridad vial y la experiencia de conducción en la carretera.

(Alarcon Ataucusi, 2024) en su tesis Evaluación y diseño geométrico de la carretera Vinchos - Paccha - Andabamba en el distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho, 2022. Analiza que el diseño geométrico de la carretera, con un enfoque en los tramos con mayor incidencia de accidentes de tránsito. Se identificó que la vía cuenta con una longitud de 22+728.5 km, 74 obras de arte (principalmente alcantarillas), y un IMDA inicial de 263 veh/semana.

Para fundamentar el diseño geométrico definitivo del tramo Vinchos – Paccha – Andabamba, el análisis recalca la importancia del volumen de tránsito. Este dato es clave para cuantificar, clasificar y comprender los patrones de tráfico, así como para determinar su evolución futura. Siguiendo el Manual de Carreteras DG-2018 del MTC, se definieron las características de diseño geométrico requeridos para su aprobación.

En virtud del reducido tránsito vehicular (37 veh/día) y la clasificación de la vía (Tercera Clase), el estudio confirma el cumplimiento del proyecto carretero Vinchos – Paccha – Andabamba con las normas geométricas del Manual DG-2018 (MTC). La ejecución del diseño bajo estos parámetros se anticipa como un factor de mejora para la seguridad vial y la fluidez del tráfico.

(Gutierrez Ipenza y Pumayali Camacho, 2018)" La vía Nogalpampa – Cotarma – Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, región Apurímac tienen una longitud de 17+739 km, Este estudio definió las características geotécnicas, topográficas, técnicas e hidrológicas esenciales para un diseño vial óptimo. Mediante investigación exhaustiva — incluyendo levantamientos topográficos, análisis de suelos y estudios de tráfico— se desarrolló un proyecto adaptado al terreno. La vía, clasificada como T0 (bajo tráfico pesado), garantiza seguridad y comodidad con: calzada de 3.50 a 4.50 m, visibilidad de parada (35 m) y paso (110 m), pendientes normales del 6% al 12%, radio mínimo de 30 m, derecho de vía de 15 m, bombeo del 2.5%, y velocidad directriz de 20-30 km/h. El análisis asegura el cumplimiento de las normas del MTC y el Manual DG 2013, incluyendo 36 obras de arte. Así, se determinaron exitosamente los parámetros para un diseño geométrico seguro y regulatorio.

(Caballero Cervantes & Rios Sauñe, 2023) realizaron una investigación titulada "Incidencia del diseño geométrico y propuesta para la mejora de la seguridad vial, tramo Allpachaca – Chontay, distrito Pichirhua, Abancay, Apurímac, 2022" donde sus objetivos fueron determinar las incidencias y las propuestas de diseño geométrico en planta, en sección transversal y en perfil en el tramo Allpachaca – Chontay, km 07+000.00 – km 13+000.00, distrito Pichirhua, Abancay, Apurímac, 2022.

El Diseño Geométrico y la seguridad vial en un tramo vial reveló que, si bien 127 de los 180 puntos evaluados no cumplían con los estándares establecidos, no se registraron accidentes en dichos puntos. Sin embargo, en 4 puntos con incumplimiento del DG se produjeron accidentes fatales y en 1 punto un accidente no fatal. El análisis estadístico no identificó una correlación significativa entre el cumplimiento del DG y la seguridad vial, lo que sugiere que las modificaciones en el DG no están directamente relacionadas con la tasa de accidentes.

En la evaluación del diseño geométrico en alineamiento horizontal se encontró que 121 de los 180 puntos evaluados no cumplían con las normas, pero no se registraron accidentes en esos lugares. Sin embargo, en 4 puntos con incumplimiento del diseño sí se produjeron accidentes fatales. El análisis estadístico no encontró una relación significativa entre la seguridad vial y el diseño geométrico en términos de accidentes, lo que sugiere que mejorar el diseño en esos puntos podría no reducir los accidentes. Se necesitan más estudios y medidas de seguridad adicionales para reducir los accidentes y mejore así la seguridad vial en este tramo.

También se evaluó el diseño geométrico de sección transversal, perfil se encontró que 100 de los 180 puntos no cumplían con las normas. Si bien ningún accidente se registró en la mayoría de estos puntos con deficiencias, se observó una relación en casos específicos: en el perfil, 3 puntos con incumplimientos registraron accidentes fatales y 2 puntos tuvieron accidentes no fatales; mientras que, en la sección transversal, 1 punto que no cumplía registró un accidente no fatal. El análisis estadístico no halló una correlación significativa entre las deficiencias en el diseño geométrico (tanto en sección transversal como en perfil) y la ocurrencia de accidentes viales, lo que sugiere que mejorar el diseño en esos puntos específicos podría no reducir los accidentes de manera efectiva. Por ello, se recomienda implementar medidas de seguridad adicionales y realizar estudios más profundos para mejorar la seguridad en este tramo.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Carretera

(Cárdenas Crisales, 2013) define una carretera como una estructura vial especializada, ubicada en un derecho de vía, cuya función es facilitar la transitabilidad constante, segura y cómoda de vehículos, gestionando eficientemente su desplazamiento en espacio y tiempo.

El Perú clasifica sus carreteras en función de:

- **Clasificación por demanda**

Se refiere a la categorización de las vías de acuerdo con el volumen de tráfico o la intensidad de uso que soportan. La demanda de tráfico es un factor clave en el diseño y la planificación de las carreteras, ya que influye en la capacidad, el número de carriles, los tipos de intersecciones y otras características de la vía.

Se observa en la tabla 2 la clasificación por demanda de las carreteras generalmente según la cantidad de vehículos que transitan por el tramo en un período determinado, como vehículos por día (vpd) o vehículos por hora (vph).

Tabla 2

Demanda de carreteras y su clasificación

Clasificación por demanda	Autopistas de primera clase.	Autopistas de segunda clase	Carreteras de primera clase	Carreteras de Segunda Clase	Carreteras de Tercera Clase	Trochas Carrozables
Índice medio diario anual IMDA	Mayor a 6,000 veh/día	Entre 6,000 y 4,001 veh/día.	Entre 4,000 y 2,001 veh/día.	Entre 2,000 y 400 veh/día.	Menores a 400 veh/día.	Menor a 200 veh/día.
Calzadas	Separadas por un mínimo de 6.00 m mediante un divisor central	Con un elemento de separación en el centro de 6.00 m hasta 1.00 m en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular	Con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.	Con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo	Con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. Estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m con excepción si poseen un sustento técnico correspondiente	Deben tener un ancho de mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazuelas de cruce, por lo menos cada 500 m.
	Ambas calzadas deben incluir como mínimo dos carriles de 3.60 m de ancho cada uno.					

Calidad de vía	Control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuo, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.	Control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuo; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.	Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas	Es posible operar utilizando alternativas asequibles o de bajo costo, que implican el uso de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos. Otra opción es utilizar una capa de afirmado en la capa superficial de la carretera	Vías transitables, no poseen características geométricas de una carretera.
	Estas carreteras necesitan un revestimiento pavimentado en su superficie de rodadura.			Si son pavimentadas deberán cumplir las condiciones geométricas para las carreteras de segunda clase.	La superficie transitable de la vía puede estar pavimentada o sin pavimentar.

Nota. En caso de las carreteras de primera clase y segunda clase es aconsejable tener puentes peatonales disponibles o, en caso de que no sean posibles, contar con aparatos que brinden seguridad vial al conceder velocidades de operación más seguras. Adaptado del Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018 por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

- **Clasificación por orografía**

Se refiere a la categorización de las vías de acuerdo con las características del terreno por el que atraviesan. La orografía hace referencia a la topografía, la forma y la configuración del terreno, incluyendo los pendientes, las elevaciones y los obstáculos naturales presentes en el entorno. Estas se clasifican en la tabla 3:

Tabla 3*Clasificación de carreteras por orografía*

Clasificación por orografía	Pendientes longitudinales	Pendientes transversales al eje de la vía	Trazo	Movimiento de tierras
Terreno plano (tipo 1)	Por lo general menores de 3%	Menores o iguales al 10%	No presenta mayores dificultades	Mínimo
Terreno ondulado (tipo 2)	Entre 3% y 6 %	Entre 11% y 50%	Sin mayores dificultades	Moderado, lo que ayuda a alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios
Terreno accidentado (tipo 3)	Predominantes entre 6% y 8%	Entre 51% y 100%	Presenta dificultades	Requiere
Terreno escarpado (tipo 4)	Excepcionales son superiores al 8%	Superiores al 100%	Grandes dificultades	Exige el máximo

Nota. Adaptado del Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018 por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

3.2.2. Jerarquización vial.

Ordena según su importancia las carreteras que integran el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), mediante una clasificación jerárquica que las agrupan en tres redes que se especifican a continuación.

- a) **Red vial nacional.** - La red vial nacional, compuesta por ejes principales longitudinales/transversales, conforma la base del SINAC, conecta las macrorregiones del país y enlaza con carreteras de menor jerarquía.

- b) **Red vial departamental o regional.** - Constituyen el sistema vial regional y conectan las ciudades y pueblos dentro de cada región con la red vial vecinal, a su vez con la red vial nacional.
- c) **Red vial vecinal o rural.** - Son las vías que dan servicio a las áreas urbanas y rurales de una provincia o región, articulándolas entre sí y con el resto del país.

3.2.3. ***Criterios y controles básicos para el diseño geométrico***

- **VEHÍCULOS DE DISEÑO**

El trazado geométrico de carreteras busca los parámetros y características específicas de los vehículos que se consideran con el fin de dimensionar adecuadamente los elementos de la carretera, eficiencia de su tránsito y garantizar la seguridad vial.

Los medios de movilidad que circulan por la vía, se utilizarán como referencia en el diseño de carreteras según el reglamento nacional de vehículos.

- **CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO**

Se refieren al pronóstico de los volúmenes de demanda siendo el principal indicador el índice medio diario anual (IMDA).

Índice medio diario anual (IMDA)

Es el promedio que nos indica cuántos vehículos circulan diariamente por un tramo de carretera a lo largo de un año. Conocer este dato es esencial para determinar la relevancia de una vía en la red vial, ya que permite realizar cálculos económicos y tomar decisiones sobre su diseño y mantenimiento. Además, el IMDA sirve como base para evaluar la seguridad vial y la excelencia que ofrece el servicio de la carretera, y para proyectar el crecimiento del tráfico en el futuro.

Clasificación por tipo de vehículo

Determina la proporción de cada tipo de vehículo dentro del total de vehículos que circulan por la vía (IMDA), clasificándolos según las siguientes categorías del Reglamento Nacional de Vehículos:

- **Categoría L**: Vehículos de dos o tres ruedas, como se menciona en la tabla 4.

Tabla 4

Categoría L, clasificación por tipo de vehículo

Categoría	N° de ruedas del vehículo	Motor cilindrado	Velocidad
L1	2	hasta 50 cm ³	máxima de 50km/h
L2	3	hasta 50 cm ³	máxima de 50km/h
L3	2	más de 50cm ³	mayor a 50km/h
L4	3 asimétricas al eje longitudinal	más de 50cm ³	mayor a 50km/h
L5	3 simétricas al eje longitudinal	más de 50cm ³	mayor a 50km/h

Nota. El peso bruto vehicularla categoría L5 cuyo no debe exceder de una tonelada. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

- **Categoría M:** Vehículos para el transporte de pasajeros de cuatro ruedas o más, se mencionan en la tabla 5.

Tabla 5

Clasificación por tipo de vehículo, categoría M

Categoría M:	N° de asientos	Peso bruto vehicular	Disposición de pasajeros
M1	8 o menos	5 toneladas o menos	<p>Clase I: vehículos que están diseñados con espacios destinados para que los pasajeros se ubiquen de pie y puedan moverse con frecuencia dentro del vehículo.</p> <p>Clase II: Se trata de vehículos que están diseñados principalmente para transportar pasajeros sentados, pero también se han diseñado de manera que puedan transportar pasajeros tanto de pie en el pasillo y/o en un espacio limitado que no sobrepase el espacio destinado para dos asientos dobles.</p> <p>Clase III: Agrupa unidades de transporte cuya función única es el traslado de pasajeros permaneciendo sentados.</p>
M2	más de 8		
M3	más de 8	más de 5 toneladas	

Nota. Las categorías M2 y M3 se clasifican según su disposición de pasajeros en 3 clases como se observa en la tabla. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

- **Categoría N:** Vehículos destinados para el transporte de mercancías de cuatro o más llantas.
 - ✓ **N1:** Unidades móviles de carga máximo autorizado vehicular inferior a 3,5 toneladas
 - ✓ **N2:** Unidades móviles de carga máximo autorizado entre 3,5 y 12 toneladas
 - ✓ **N3:** Unidades móviles de carga máximo autorizado superior a 12 toneladas
 - ✓

- **Categoría O:** Remolques y semirremolques
 - ✓ O1: Con una carga máxima autorizada vehicular de 0,75 toneladas.
 - ✓ O2: Con una carga máxima autorizada de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.
 - ✓ O3: Con una carga máxima autorizada de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas máximas.
 - ✓ O4: Con un peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.
- **Categoría S:** Destinados a transporte de pasajeros o mercancías, que precisan carrocerías o equipos adaptados a funciones específicas (categorías M, N u O), se clasifican en:
 - ✓ SA: Viviendas Móviles.
 - ✓ SB: Furgoneta blindada para transporte de valores.
 - ✓ SC: Vehículo de emergencia
 - ✓ SD: automóviles funerarios.

Crecimiento del tránsito

Para garantizar la durabilidad y eficiencia de una vía, su diseño debe basarse en una estimación del tráfico futuro, considerando un horizonte de diseño de 20 años. Sin embargo, esta estimación es compleja debido a la dinámica de los patrones de movilidad y los cambios en el entorno. Por tanto, se deben evaluar tanto los volúmenes de tráfico actuales como los proyectados a largo plazo. Por consiguiente, se establece la fórmula para la demanda de tránsito:

$$Pf = Po * (1 + Tc)^n$$

Dónde:

Pf : Tránsito final

Po : Tránsito inicial (año base)

Tc : Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

n : Año a estimarse

- **VELOCIDAD DE DISEÑO**

Representa la velocidad máxima que puede circularse de manera confiable y se establece en un tramo vial específico. Su determinación involucra un análisis exhaustivo de diversos factores, incluyendo el tipo de carretera, el volumen de tránsito, topografía, las condiciones climáticas y la funcionalidad de la vía.

La velocidad de diseño se observará en la figura 1.

Figura 1

Rangos de la velocidad de diseño en función a la Clasificación de la carretera por demanda

CLASIFICACIÓN	Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.											
	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (Km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD**

El alcance visual de un conductor en una vía se denomina distancia de visibilidad es una característica importante en el diseño y la seguridad de las vías, ya que permite a los conductores anticiparse a posibles riesgos y tomar las acciones necesarias para evitar accidentes.

Una buena visibilidad es esencial para la toma de decisiones y maniobras seguras, como adelantamientos, cambios de carril y detenciones.

La distancia de visibilidad puede verse afectada por la variedad de factores, como las condiciones climáticas (lluvia, niebla, nieve), la iluminación (de día o de noche), la presencia de obstáculos visuales (árboles, edificios, señales) y la geometría de la carretera (curvas, pendientes). Es por ello que en el diseño y la planificación de las carreteras se tienen en cuenta estos factores para garantizar una distancia adecuada de visibilidad y así promover la seguridad vial.

El diseño viario contempla: la distancia de visibilidad de parada, que garantiza la detención del vehículo ante un obstáculo, y la distancia de visibilidad de paso, que permite realizar maniobras de adelantamiento.

✓ Distancia de visibilidad de parada

Se define como la longitud mínima requerida para que un vehículo en movimiento pueda detenerse de manera segura ante un obstáculo de altura igual o superior a 15 cm, considerando una altura de ojos del conductor de 1,07 m.

En una carretera recta y con pendiente uniforme, podemos calcular la distancia de frenado usando esta fórmula.

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

Dónde:

D_p: Distancia de parada (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

t_p: Tiempo de percepción + reacción (s)

a: aceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

La distancia de frenado se compone de dos componentes principales: la distancia de reacción, que es la distancia recorrida durante el intervalo de tiempo entre la percepción del peligro y el inicio de la maniobra de frenado (d_{tp}), y la distancia de frenado propiamente dicha, que es la distancia recorrida desde el inicio de la frenada hasta la detención

completa del vehículo (df). Se considera y se recomienda un tiempo de reacción de 2.5 segundos para realizar los cálculos.

En la figura 2 se observa las distancias de visibilidad de parada de la pendiente.

Figura 2

En función de la velocidad de diseño y de la pendiente (Distancias de visibilidad de parada (m))

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	285	310	338	375	267	252	238

Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

- ✓ Distancia de visibilidad de paso.

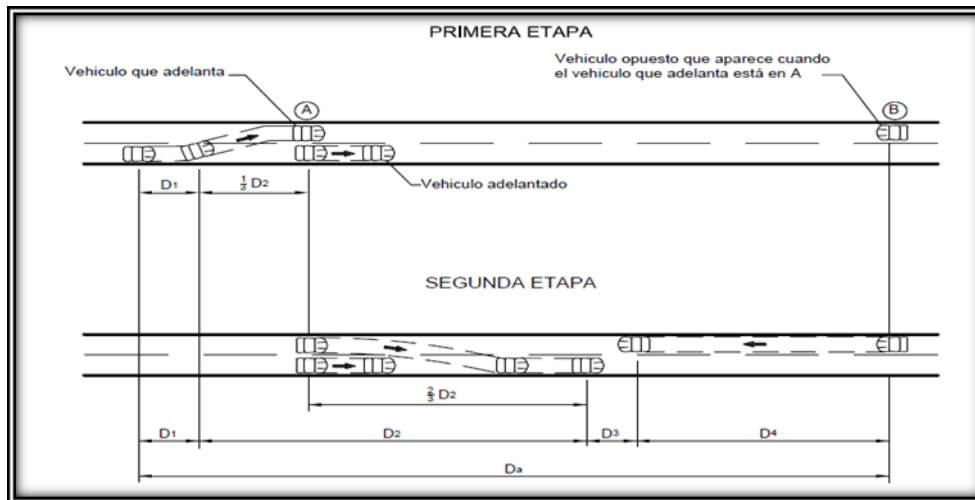
(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) Para garantizar la seguridad y la fluidez del tráfico, se establece una distancia de visibilidad de paso mínima que permita a un vehículo adelantar a otro, considerando una diferencia de velocidad entre ambos vehículos de al menos 15 km/h y asegurando que el vehículo que realiza la maniobra de sobrepaso pueda reincorporarse a su carril de circulación sin interferir con el tráfico que se mueve en sentido opuesto.

La distancia de visibilidad representada gráficamente en la figura 3 es específica para el cálculo de maniobras de adelantamiento en carreteras de doble sentido con dos carriles,

donde el vehículo que desea adelantar debe invadir temporalmente el carril destinado al sentido contrario.

Figura 3

Distancia de visibilidad de paso



Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

La longitud de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la Figura 3, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

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

Dónde:

D_a : Distancia mínima de vía libre necesaria para realizar una maniobra de adelantamiento de forma segura (medida en metros).

D_1 : Distancia que un vehículo recorre desde que el conductor percibe un peligro hasta que inicia la maniobra de frenado (en metros).

D_2 : Distancia que un vehículo recorre desde que irrumpe en el carril contrario hasta que vuelve a su carril original (en metros)

D_3 : Distancia que debe existir entre un vehículo que acaba de realizar una maniobra de adelantamiento y el vehículo que circula en sentido contrario (en metros).

D_4 : Distancia estimada que transita un vehículo que circula en sentido contrario durante un determinado intervalo de tiempo (equivalente a 2/3 de D_2 metros).

3.2.4. Diseño geométrico de una carretera

Incorporan la vista en planta, en perfil, corte en sección transversal, son fundamentales en el diseño y en el mantenimiento de una vía, ya que determinan su alineación horizontal, vertical, su forma física, capacidad de tráfico, seguridad y comodidad para los usuarios.

(Chocontá Rojas, 2011)"Proceso de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos, y las características del terreno".

Es indispensable definir una velocidad de diseño al momento de trazar una carretera, pues esta variable determina las características geométricas y, por ende, la seguridad y fluidez del tránsito adecuado y se establezcan relaciones armoniosas entre esta velocidad, la curvatura y el peralte. Esto se logra mediante la aplicación de criterios y fórmulas específicas que permiten encontrar un equilibrio óptimo para garantizar la seguridad y comodidad de los conductores al atravesar las curvas de la carretera.

Influye también el comportamiento y movimiento de los vehículos, así como en la capacidad del conductor para ver claramente la vía y reaccionar de manera efectiva en situaciones de conducción.

A continuación, se describe cada uno de estos elementos:

- **Diseño geométrico horizontal**

Llamado también alineamientos horizontales, se refiere a las curvas horizontales cuyo propósito es conectar secciones rectas de una vía. Estas curvas permiten adaptar el trazado de la carretera a las condiciones del terreno y proporcionar una transición suave entre las rectas y las curvas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Tramos en tangente

Elementos como la longitud de tangentes dependen directamente de la velocidad de diseño. Su estandarización en la Tabla 6 busca optimizar la funcionalidad, seguridad de la carretera según la velocidad prevista.

Tabla 6

Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L máx (m)	L mín. (m)	L mín.o (m)
30	500	42	84
40	668	56	111
50	835	69	139
60	1002	83	167
70	1169	97	194
80	1336	111	22
90	1503	125	250
100	1670	139	278
110	1837	153	306
120	2004	167	333
130	2171	180	362

Nota. Las longitudes máximas y mínimas de tramos rectos se definen según el tipo de alineamiento: L mín. s: Longitud mínima (m) para tramos rectos entre curvas consecutivas de dirección opuesta (trazado en "S"). L mín. o: Longitud mínima (m) para tramos rectos entre curvas consecutivas de igual dirección. L máx.: Longitud máxima deseable (m). Todas dependen de la velocidad de diseño (V) en km/h.

Donde las longitudes de tramos en tangente, están dados por las expresiones:

$$L_{min.s} = 1.39 V_d \quad \dots \text{(Ecuación 2.4)}$$

$$L_{min.o} = 2.78 V_d \quad \dots \text{(Ecuación 2.5)}$$

$$L_{máx} = 16.70 V_d \quad \dots \text{(Ecuación 2.6)}$$

Curvas circulares

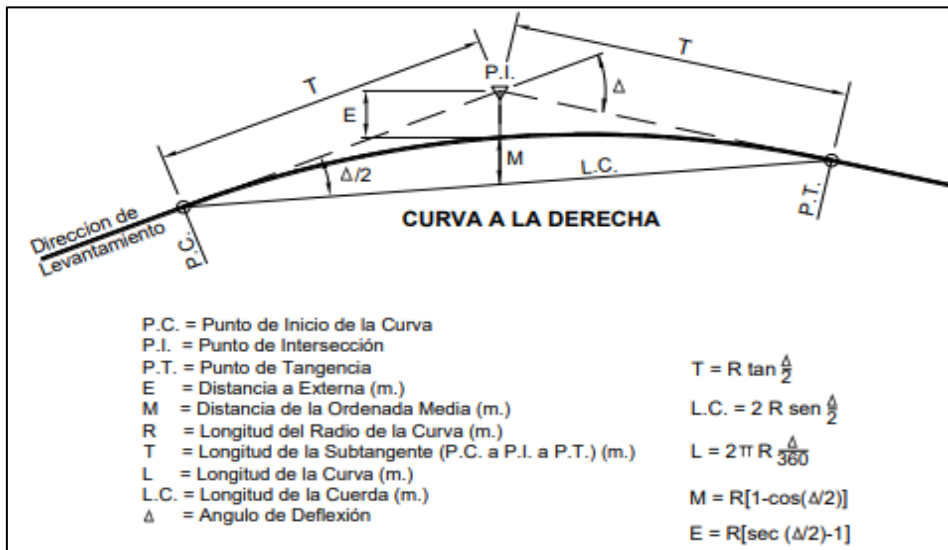
En carreteras son segmentos de la vía que tienen una trayectoria curva constante. Estas curvas se utilizan para permitir cambios de dirección suaves y controlados en el trazado de la carretera. En lugar de seguir una línea recta, la carretera se curva gradualmente a lo largo del tramo curvilíneo.

Se definen por su radio de curvatura, que es el radio de la circunferencia que mejor se ajusta a la curva. El radio de curvatura determina la suavidad de la curva y tiene un impacto directo en la comodidad y seguridad de los vehículos que circulan por ella.

En la figura 4 se observan la nomenclatura de la curva horizontal circular y elementos.

Figura 4

Simbología de la curva circular



Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Radios mínimos

Los "radios mínimos" en carreteras se refieren al valor mínimo permitido para el radio de curvatura de una curva circular en el diseño geométrico de una carretera. El radio de curvatura es una medida que determina la suavidad de una curva en una carretera. Este valor, junto con la velocidad máxima permitida y la inclinación de la vía (peralte), se calcula para garantizar un nivel de seguridad y confort adecuado para los usuarios. Establecer radios mínimos en carreteras es crucial para garantizar la seguridad y el confort de los conductores al tomar las curvas. Un radio de curvatura más pequeño indica una curva más cerrada, lo que puede resultar en fuerzas laterales más pronunciadas sobre los vehículos y dificultar la maniobrabilidad, especialmente a altas velocidades.

El cálculo se realiza mediante la ecuación:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(0.01 * P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Dónde:

$R_{\text{mín}}$ = Radio Mínimo (metros).

V = Velocidad de Diseño (Km/h).

$P_{\text{máx}}$ = Peralte máximo de la curva en (valor decimal).

$f_{m\acute{a}x}$ = Valor máximo de fricción esttica.

Curvas de transición

Las curvas de transición en espiral tienen como objetivo minimizar las aceleraciones laterales que experimentan la transición de los vehículos entre un tramo recto y una curva asegura un mayor confort y seguridad vial. En todos los casos, se utilizará un tipo de curva de transición clotoide que ofrece una serie de ventajas en términos de seguridad, confort y esttica en el diseño de carreteras. Su capacidad para proporcionar una transición suave y gradual entre tramos rectos y curvas la convierte en una opción popular en el diseño geométrico de vías.

Transición de peralte

Consiste en la variación progresiva de la pendiente transversal de la calzada en aproximación a las curvas, para neutralizar la fuerza centrífuga que afecta a los vehículos durante el giro. Esta transición del peralte se desarrolla al borde de la calzada, asegurando una continuidad entre la sección transversal de la recta y la de la curva. El objetivo de esta transición es proporcionar un peralte adecuado en la curva para mejorar el confort y la seguridad de los beneficiarios que circulan a altas velocidades.

La fórmula que sigue permite determinar el peralte máximo a considerar en el diseño de la vía, según lo establecido en esta norma:

$$ip_{m\acute{a}x} = 1.8 - 0.01V$$

Dónde:

$ip_{m\acute{a}x}$: Peralte máximo de la carretera (%)

V: Velocidad de diseño en (km/h).

El tramo de transición del peralte deberá tener una longitud mínima que se obtendrá a partir de la fórmula.:

$$L_{min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{m\acute{a}x}} \times B$$

Dónde:

$L_{mín}$: Desarrollo mínimo de la transición del peralte en (m).

pf : Valor final del peralte en (%) con su signo.

pi : Valor inicial del peralte en (%) con su signo

B: Distancia desde el borde hasta el centro de la circunferencia del peralte en (m)

Curvas de vuelta

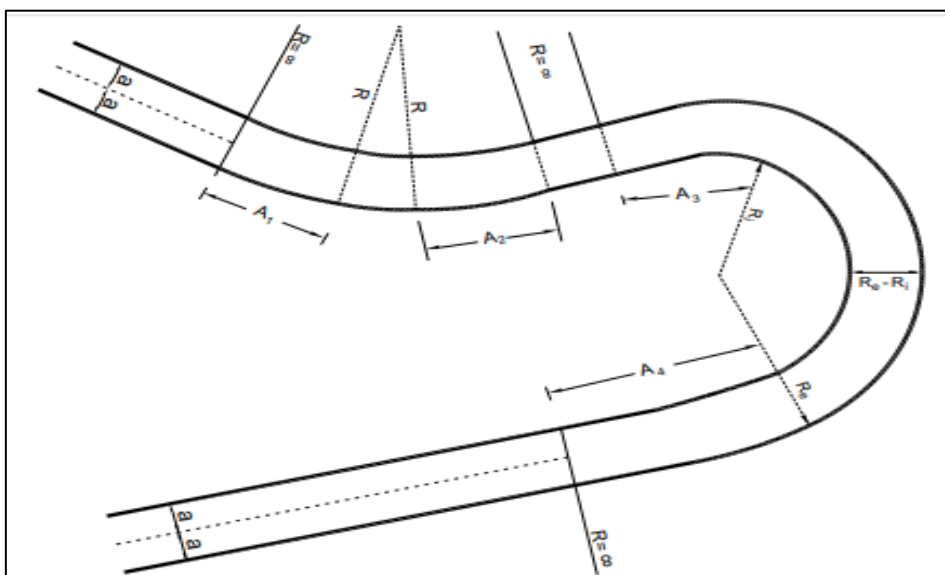
Se utilizan en estas curvas verticales para terrenos accidentados para así adaptar la carretera a su relieve natural, garantizando así la seguridad y confort de los beneficiarios, cuando no se puede encontrar una alternativa de trazado. No se utilicen en autopistas y solo se permitan en carreteras de Primera Clase en circunstancias excepcionales, siempre que estén justificadas técnicamente y económicamente. El radio mínimo en el interior de la curva es de 20 metros.

Estas curvas tienen un diseño geométrico a raíz de la combinación de tangentes (tramos rectos) y arcos circulares con radios interiores (R_i) y exteriores (R_e) que permiten una transición suave entre diferentes alineaciones.

La Figura 5 revela que los tramos de entrada y salida de la curva de vuelta exhiben una geometría intrincada, caracterizada por su complejidad en el trazado.

Figura 5

Curvas de vuelta y sus alineamientos



Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Sobreancho

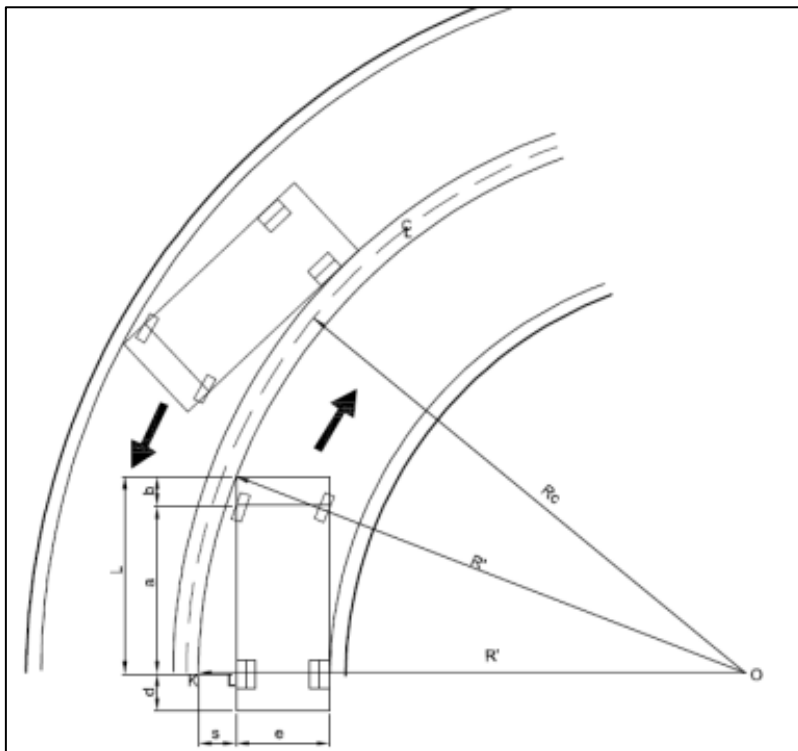
Es el ancho adicional de la una carretera para tener el mayor espacio requerido por los vehículos en los tramos en curva como se observa en la figura 6.

Las curvas, los vehículos requieren un espacio adicional para maniobrar debido a la trayectoria circular que describen y a la menor adherencia de los neumáticos, lo que justifica el uso de sobreancho.

Con el fin de prevenir variaciones abruptas en el ancho de la superficie de la vía, el sobreancho debe incrementarse suavemente en la entrada y salida de las curvas.

Figura 6

Sobreancho en curvas



Nota. Según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG- (2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, los parámetros clave son, L (distancia entre ejes delantero/trasero), s (sobreancho por carril) y R' (radio al parachoques delantero)

El sobreancho de la carretera se calculará basándose en el tipo de vehículo, el radio de la curva y la velocidad de diseño, mediante la ecuación que se muestra a continuación:

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

Dónde:

Sa = Sobreancho (m).

N = Cantidad de carriles.

R = Radio en (m).

L = Distancia entre el eje posterior y parte frontal en (m)

V = Velocidad de diseño en (km/h).

- **Diseño geométrico vertical**

La configuración longitudinal de una carretera se compone por curvas verticales parabólicas que unen una serie de tramos rectos siendo cada tramo recto tangente al siguiente. La inclinación se dirige al incremento del kilometraje: un aumento en la elevación se representa con inclinaciones positivas, mientras que una reducción se asocia a inclinaciones negativas

Es recomendable proporcionar un pendiente mínimo de aproximadamente 0,5% en la calzada para asegurar un drenaje adecuado del agua que se acumula en la superficie del tramo en cualquier punto.

En casos particulares, se podrían aplicar las siguientes condiciones específicas:

- ✓ Con un bombeo transversal del 2% de una calzada y sin elementos de drenaje laterales, se puede admitir excepcionalmente una pendiente longitudinal máxima de 0,2% en tramos específicos.
- ✓ Excepcionalmente, las calzadas con un bombeo del 2,5% pueden presentar tramos planos, es decir, con una pendiente longitudinal igual a cero.
- ✓ La pendiente transversal mínima recomendada en vías con bermas es del 0,5%. Sin embargo, en circunstancias excepcionales, se puede aceptar una pendiente mínima del 0,35%.

Para evitar encharcamientos, se requiere una pendiente transversal mínima del 0,5% en las zonas donde el peralte se anula, facilitando así el drenaje del agua.

En los tramos donde la pendiente transversal se anula, como en las zonas de cambio gradual de peralte, se deberá garantizar una inclinación mínima del 0,5%.

La longitud de la inclinación se refiere a la distancia a lo largo de la cual una carretera o una sección de la misma presenta una pendiente constante. Es la extensión de la vía que muestra una inclinación ascendente o descendente sin cambios significativos en su magnitud o dirección. El diseño adecuado es fundamental para asegurar un tránsito seguro y eficiente, considerando factores determinantes con respecto a la velocidad de diseño, el tipo de vehículos que circulan y las características topográficas del área.

curvas verticales

Con el fin de conectar secciones consecutivas de una carretera con diferentes pendientes, para garantizar la seguridad y el confort se emplean curvas verticales parabólicas en todos los casos donde Cuando la variación de la pendiente exceda al 1% (pavimentadas) o al 2% (no pavimentadas).

Las curvas verticales parabólicas están determinadas de manera única por el parámetro K, el cual indica la longitud horizontal correspondiente a una variación de pendiente del 1%.

En otras palabras, si el parámetro de curvatura K es igual a 100 metros, significa que por cada 1% de variación en la pendiente, la curva se extenderá horizontalmente a lo largo de 100 metros.

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

Donde:

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

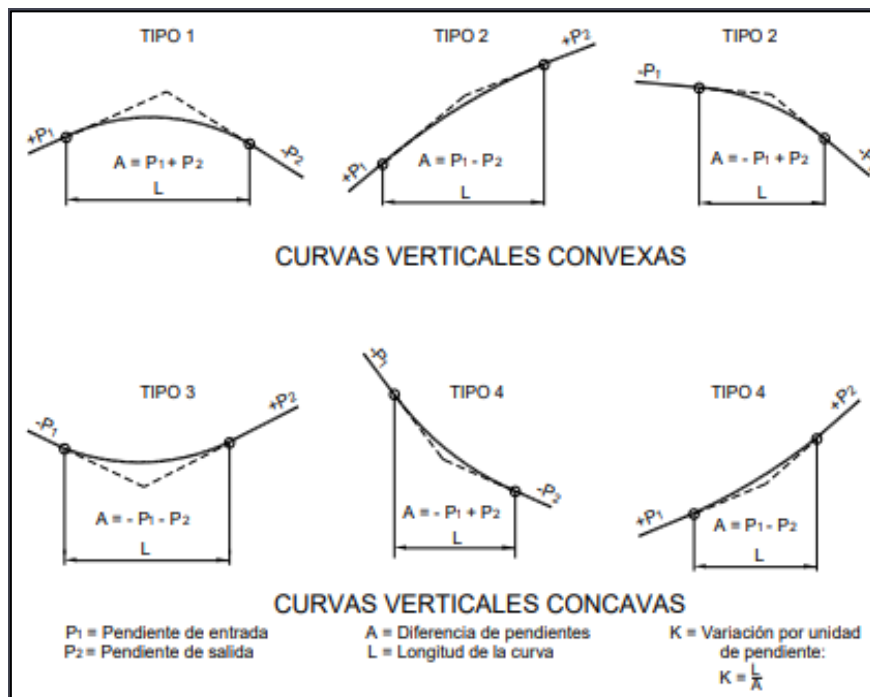
A: Diferencia total de pendientes (diferencia algebraica de las pendientes).

Clases de curvaturas verticales:

- ✓ Conforme con su forma, en la figura 8 se pueden identificar dos tipos de curvas: convexas y cóncavas.
- ✓ Si miramos la figura 8, podemos ver que las figuras pueden ser iguales a ambos lados (simétricas) o diferentes (asimétricas), según la forma de sus ramas.

Figura 7

Curvas verticales convexas y cóncavas



Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Longitud de las curvas convexas

a) Para contar con la visibilidad de parada (D_p).

Cuando $D_p < L$

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando $D_p > L$

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A}$$

Dónde, para todos los casos:

L : Longitud de la curva vertical (m)

D_p : Distancia de visibilidad de parada (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

h_1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)

h_2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)

b) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (D_a)

Cuando $D_a < L$

$$L = \frac{AD_a^2}{946}$$

Cuando $D_a > L$

$$L = 2D_a \frac{946}{A}$$

Donde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

Longitud de las curvas cóncavas

Cuando $D < L$

$$L = \frac{AD^2}{120 + 3.5D}$$

Cuando $D > L$

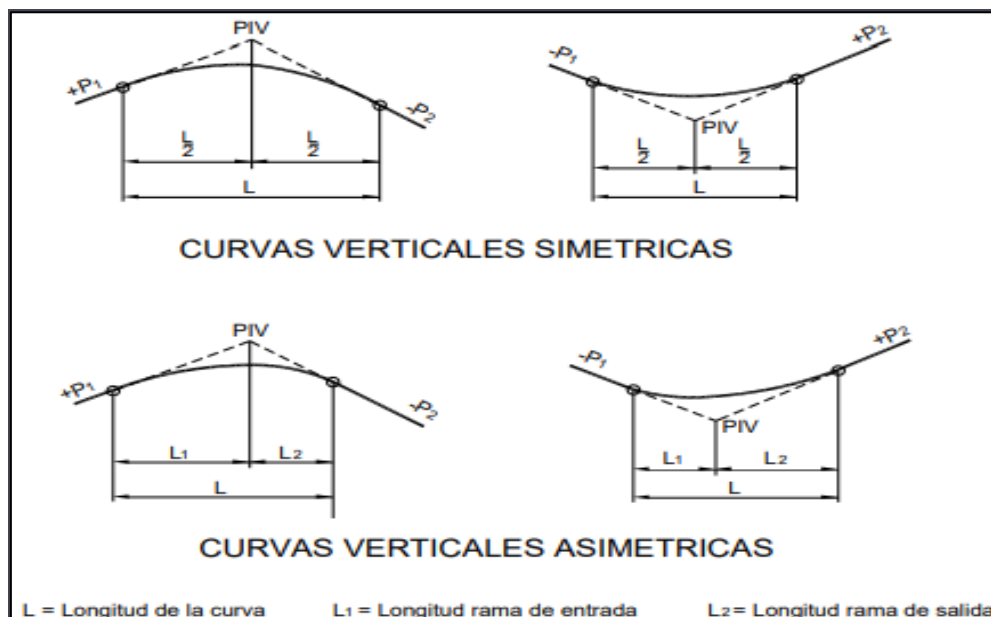
$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A} \right)$$

Dónde:

D : Distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Figura 8

Curvas verticales simétricas y asimétricas



Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

• Diseño geométrico de sección transversal

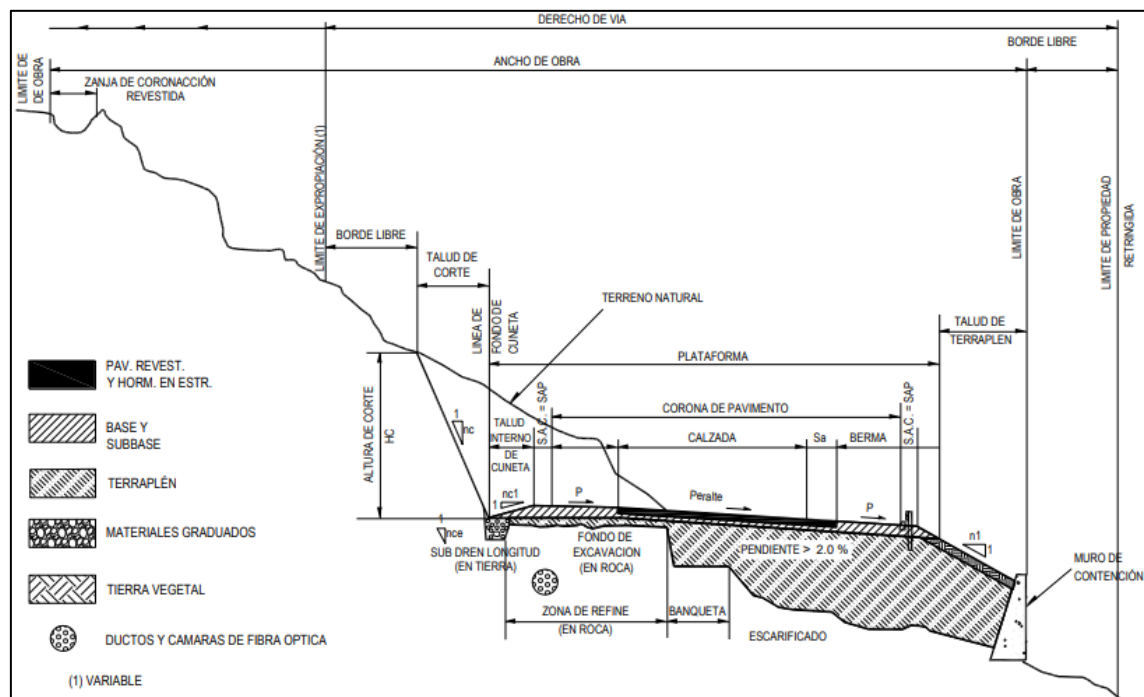
El perfil transversal en una vía es una representación gráfica que muestra la configuración y las dimensiones de la sección transversal de la carretera. Esta sección incluye elementos como el número y anchos de carriles, las bermas, las cunetas, los arcenes, las aceras, las medianas.

La sección transversal también muestra la inclinación lateral o peralte en las curvas para mejorar la estabilidad de los vehículos. Además, puede incluir elementos de drenaje, como canales y sumideros.

La Figura 9 muestra una sección transversal característica de una carretera en curva, emplazada en un terreno inclinado.

Figura 9

Perfil transversal representado de una vía en curva de dos carriles, en un terreno con pendiente



Nota. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

Calzada o superficie de rodamiento

Es la sección la vía destinada a soportar las cargas del tráfico. donde los vehículos circulan y se construye con materiales específicos para proporcionar una superficie segura y cómoda para la conducción.

La superficie de rodamiento se divide en carriles, franjas longitudinales destinadas a la circulación vehicular en un mismo sentido. La cantidad de carriles se define considerando el flujo vehicular proyectado, el Índice Medio Diario Anual y el nivel de tráfico deseado. Respecto al ancho de los carriles, se suelen emplear dimensiones estándar de 3,0 m, 3,30 m y 3,60 m.

Las autopistas deben tener al menos dos carriles para cada sentido. Esto significa que, como mínimo, habrá dos carriles en cada dirección de la autopista para permitir el tránsito de vehículos en un solo sentido. Sin embargo, es importante tener en cuenta que en muchas autopistas se suelen tener más de dos carriles por calzada para manejar volúmenes de tráfico más altos y mejorar el tránsito vehicular.

En el caso de las carreteras de superficie de rodamiento únicas, se establece que habrá dos carriles por calzada. Esto significa que habrá un carril para el desplazamiento de vehículos en cada dirección de tránsito. Las carreteras de calzada única suelen encontrarse en zonas con menor volumen de tráfico y menor demanda de capacidad vial.

Figura 10

Dimensiones mínimas de la calzada en tramos rectos

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			6.00	6.00
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60		
50 km/h										7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60		
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Nota. Donde: a) Orografía: Escarpado (4), Accidentado (3), Ondulado (2) y Plano (1), b) Las vías de Tercera Clase pueden, de forma extraordinaria, incluir calzadas de hasta 500 m de longitud, siempre y cuando se demuestre su viabilidad técnica y económica. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Bermas

Esta zona adyacente al pavimento de una vía está diseñada tanto para limitar la capa de rodadura como para ofrecer un espacio seguro donde los vehículos puedan detenerse en caso de urgencia. Debe seguir la misma pendiente y altura que la carretera y estar hecha de materiales similares.

En las autopistas, las bermas interiores son más estrechas que las exteriores. Sin embargo, en las carreteras de una sola calzada, las bermas tienen la misma amplitud.

Además de su función de seguridad, mejoran las condiciones de tráfico. Preservan la integridad del pavimento y sus subcapas, facilitan paradas eventuales y funcionan como un área segura para responder a eventos no planeados

En situaciones en las que un vehículo se vende de la superficie de rodadura, la berma proporciona Una zona de seguridad destinada a maniobras imprevistas y la mitigación de accidentes.

En las figuras 11 y 12 se observarán los anchos de bermas y las pendientes transversales de las bermas.

Figura 11

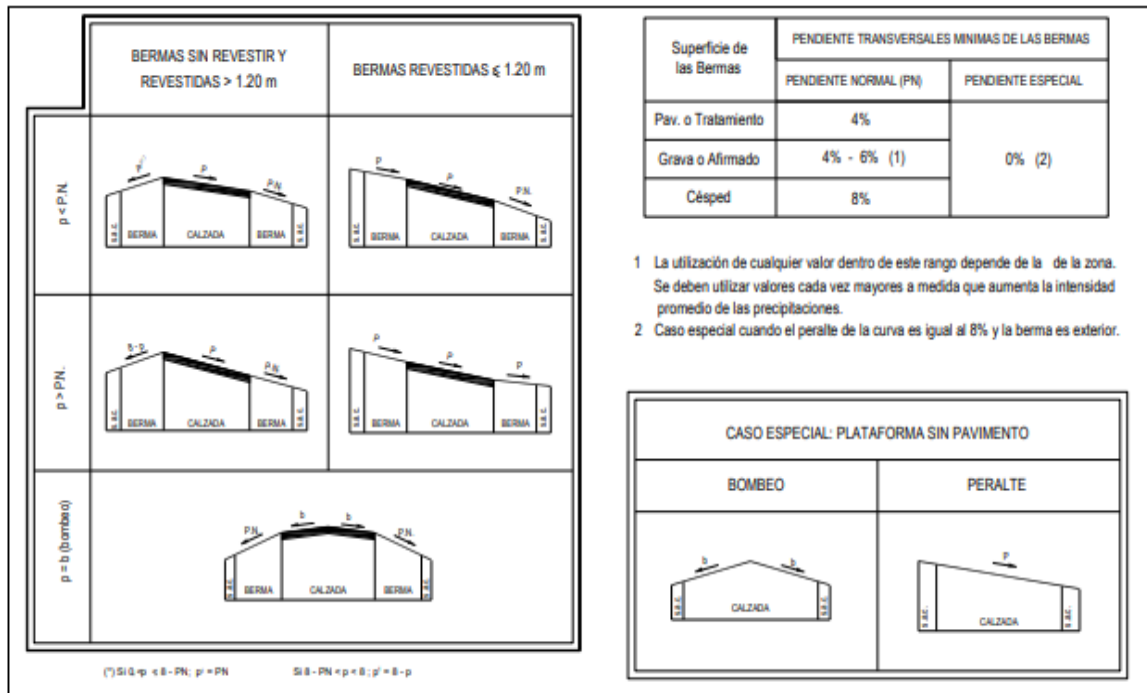
Ancho de bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día							
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

Figura 12

Pendiente transversal de bermas



Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Bombeo

Es indispensable que la superficie de rodadura, tanto en tramos rectos como en curvas con contraperalte, cuente con una inclinación transversal mínima a la que se le denomina 'bombeo', estos valores se observan en la figura 13. Dicha inclinación está diseñada para permitir el flujo eficiente del agua pluvial, eliminando la posibilidad de encharcamientos en la calzada

Figura 13

Valores del bombeo de la calzada

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

Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018* por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

Peraltes

Son inclinaciones laterales en las curvas horizontales para neutralizar la fuerza centrífuga y proporcionar estabilidad lateral a los vehículos usuarios que transitan por la vía. El peralte ayuda a reducir la posibilidad de derrapes y aumenta la seguridad en las curvas a altas velocidades.

Para el cálculo del peralte, considerando como criterio principal la prevención de deslizamientos, se empleará la fórmula que sigue:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Dónde:

p: Peralte máximo o inclinación asociado a V

V: Velocidad de diseño en (km/h)

R: Radio mínimo absoluto en (m)

f: Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a la V.

Taludes

La inclinación transversal de la vía, expresada como la tangente de un ángulo formado por la superficie del terreno y una línea horizontal. Esta inclinación se aplica en las áreas donde involucran movimientos de tierra

La estructuración de los taludes en las áreas de corte se adapta a los parámetros geológicos y mecánicos específicos del área. Parámetros como la altura y la inclinación se definen a partir de estudios geotécnicos detallados, considerando el drenaje y la estabilidad del talud. En proyectos donde existan fallas geológicas o materiales de baja calidad, la evaluación de la estabilidad es prioritaria para seleccionar la solución de ingeniería más adecuada.

Cunetas

Son drenajes longitudinales situados a los márgenes de la carretera son elementos importantes del sistema de drenaje, cuya principal función es direccionar las aguas

pluviales y subsuperficiales lejos de la vía, protegiendo así la estructura del pavimento y garantizando su durabilidad.

El dimensionamiento de las cunetas se basa en cálculos hidráulicos que consideran variables como la inclinación longitudinal, máximos registros de lluvia esperadas y la zona de drenaje a la que sirven. Sus elementos constitutivos principales son los taludes interior y exterior, así como el fondo, siendo el talud exterior generalmente coincidente con el talud de corte del terreno natural.

3.3. Definición de términos

- **Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG-2018**

Es el documento técnico de suma importancia en el que rigen los criterios y lineamientos para el diseño geométrico de las carreteras en el Perú. Las autoridades responsables del manejo de carreteras en los niveles de gobierno Local , Regional y Nacional deben acatarlo obligatoriamente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2006).

- **Tramos en tangente**

Son secciones rectas de la carretera que no presentan cambios de dirección horizontal. Son elementos esenciales para la seguridad vial y la fluidez del tránsito, ya que permiten una mejor visibilidad, velocidades de circulación más altas y facilitan maniobras como el adelantamiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Curvas circulares**

Son secciones de una circunferencia que se utilizan para juntar dos tramos rectos de una carretera o vía férrea. Se emplean para cambiar de dirección de forma suave y segura, y son elementos fundamentales en el diseño de infraestructuras de transporte (Navarro Guzman & Peña Ortiz, 2020).

- **Curvas de transición**

Conocidas como curvas de radio variable, son secciones de carretera que unen una alineación recta con una curva circular. Su función principal es introducir un cambio gradual

en la curvatura del camino, evitando cambios bruscos en la aceleración lateral que experimentan los vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Sobreancho**

El ancho adicional que se le da a la calzada en puntos específicos, con el objetivo de proporcionar mayor espacio para la circulación de vehículos o peatones, o para facilitar maniobras como giros, adelantamientos o estacionamientos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Pendiente**

Equivalente a la inclinación del terreno a lo largo de un tramo vial, expresada como un porcentaje o un ángulo. Indica entre dos puntos consecutivos de la vía la diferencia de altura, dividida por la distancia horizontal que los separa.

- **Curvas verticales (Cóncavas y Convexas)**

Estas curvas verticales cóncavas y convexas son elementos esenciales del diseño de carreteras que aseguran una transición suave y segura entre tangentes con pendientes diferentes, contribuyendo a la comodidad en la conducción, la visibilidad y la seguridad vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Calzada**

Relaciona a la sección longitudinal pavimentada de una vía o calle, destinada al tránsito vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

- **Berma**

Equivale a un área longitudinal sin pavimentar ubicada a los lados de una carretera, autopista o vía férrea (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

- **Bombeo**

Inclinación de la vía para que el agua escurra hacia los lados, con un ligero declive hacia los lados. Esta inclinación, típicamente entre el 1% y el 3%, tiene como objetivo principal drenar el agua de lluvia de manera eficiente hacia los bordes de la carretera,

evitando encharcamientos y mejorando la seguridad vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Peralte**

Se trata de una inclinación lateral en la calzada de las curvas, cuyo objetivo principal es neutralizar la tensión hacia afuera en un giro que experimentan los vehículos al girar, facilitando así que transiten por la curva a una velocidad segura sin desviarse de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Derecho de vía**

Es el área de terreno de ancho cambiante que se encuentra a lo largo de una vía y que está destinada a su construcción, conservación, ampliación, protección y buen funcionamiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Taludes**

Es una pendiente de la superficie de un muro o de un terreno. En términos más técnicos, se refiere a cualquier superficie que cambie de nivel, como una pendiente, una ladera o una cuesta (Vestalia, 2024).

- **Cuneta**

Es una zanja o canal que se abre a los lados de las vías terrestres de comunicación, como caminos, carreteras y autovías, con el objetivo de gestionar las aguas pluviales de manera eficiente para que no provoquen daños o inundaciones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Visibilidad de Parada y Visibilidad de Adelantamiento**

La visibilidad de parada se enfoca en la capacidad del conductor para ver un obstáculo y detenerse a tiempo, mientras que la visibilidad de adelantamiento se centra en la capacidad del conductor para realizar un adelantamiento seguro, considerando factores como la velocidad y la disposición de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Coordenadas Horizontales**

Las coordenadas horizontales son un sistema de coordenadas celestes que se utiliza para localizar un punto en la superficie terrestre. Este sistema se basa en dos ángulos: Acimut (A) y Altura (h) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Elevaciones**

La longitud vertical de un punto respecto a un nivel de referencia, generalmente el nivel del mar. Se expresa en unidades de longitud, como metros o pies (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Distancia y pendiente**

Son factores clave en la ingeniería vial, impactando en la seguridad, fluidez del tráfico, costos y medio ambiente. Su diseño debe ajustarse a las normas para garantizar vías seguras y sostenibles (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

Corresponde a un estudio de tipo **aplicado** llamada también utilitaria o constructiva, se caracteriza al conectar la teoría con la realidad su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos en una determinada situación concreta, en este caso la evaluación del diseño geométrico de un tramo de carretera. La investigación tiene como finalidad realizar un análisis o evaluación de las características y condiciones de la infraestructura vial, con miras a mejorar su funcionalidad, seguridad y eficiencia (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio , 2014).

Diseño de la investigación

Corresponde al diseño **no experimental** que implica llevar a cabo la investigación sin manipular de manera intencional las variables en la tabla 7. En este tipo de estudio, se observaron los fenómenos en su contexto natural y se analizan posteriormente, sin realizar cambios deliberados en las variables independientes para examinar su efecto en otras variables (Hernández et al., 2014).

4.1.2. Nivel de investigación

La estudio tiene nivel **descriptivo** se enfoca en describir, recopilar información sobre sus características de la carretera en el tramo progresivo km 779+200 al km 779+600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s – Abancay 2023, su objetivo es obtener una comprensión detallada y precisa de los conceptos en análisis, el enfoque se basa en proporcionar una representación clara y objetiva de los elementos estudiados y a la vez es de tipo propositivo, porque se diseñará una propuesta siguiendo los requerimientos del Diseño Geométrico 2018 (Hernández et al., 2014).

4.2. **Ámbito temporal y espacial**

4.2.1. **Temporal**

El desarrollo de esta tesis se realizó el año 2023 en los meses de agosto hasta el mes de diciembre.

4.2.2. **Espacial**

Se encuentra ubicado en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 de la carretera 3s, localizada en el departamento de Apurímac, provincia de Abancay, distrito de Tamburco, en la vía Abancay - Cusco, como se observa en la Figura 14.

Figura 14

Ubicación del tramo progresivo km779+200 al km779+600



Nota. Adaptado de Google Earth

4.3. **Población y muestra**

4.3.1. **Población**

Se refiere al grupo completo de individuos o elementos que comparten ciertas características y que son objeto de estudio. La población es el conjunto total de elementos que podrían ser incluidos en la investigación y sobre los cuales se buscan conclusiones o resultados (López, 2004). En esta tesis la población está constituida por las características geométricas de la vía Lima – Cusco carretera 3s – Abancay 2023 en el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600.

4.3.2. **Muestra**

Corresponde a una parte de la población cuya elección busca ser representativa del total. (López, 2004). La muestra es el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 de la vía Lima – Cusco carretera 3s – Abancay 2023.

4.4. **Instrumentos**

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) "para esta técnica se utilizó el método de la observación con la recopilación de datos obtenidos y la información de campo que permita recolectar datos como (volumen de tráfico vehicular) se obtuvo de la tabla de IMDA."

Trabajos de campo:

- ✓ Automóvil para el transporte del personal: Se utiliza un vehículo para el traslado del personal hacia el tramo a investigar.
- ✓ Personal necesario: Se requiere de un equipo de trabajo conformado por un topógrafo, dos controladores de aforo vehicular, dos asistentes y un vigía fotógrafo. Cada miembro del equipo tiene roles específicos en el levantamiento de información de campo.
- ✓ Equipo de seguridad personal: Se proporcionan Elementos de protección personal, tales como cascos, chalecos de alta visibilidad, gafas protectoras y calzado de seguridad, para garantizar la seguridad del personal durante los trabajos en campo. También se utilizan equipos de señalización, como conos de 60 cm de alto, para indicar zonas de trabajo y advertir a los conductores sobre la presencia del equipo.
- ✓ Equipos topográficos: Receptor GPS Diferencial, antena, bastón, colector de datos, mira, estacas, plomada y wincha.
- ✓ Papeles y útiles de escritorio: Se requieren diferentes papeles y útiles de escritorio, como libretas, hojas de cálculo, bolígrafos, lápices, borradores, etc., para registrar y documentar la información recolectada durante el levantamiento de campo.

Trabajos en gabinete:

- ✓ Computadoras: Se utilizan computadoras de mesa y portátiles para llevar a cabo el tratamiento de información recopilada en campo y realizar tareas de diseño y cálculos.
- ✓ Software de ingeniería: Se emplean programas de software especializados, como AutoCAD civil 3D 2023 en línea, para procesar la información topográfica, generar modelos digitales del terreno, realizar cálculos y producir planos y dibujos de diseño.
- ✓ Microsoft Office: Se utiliza el paquete de software de Microsoft Office para redactar informes, realizar cálculos y llevar a cabo ediciones de dibujos, utilizando programas como Word, Excel y PowerPoint.
 - ✓ Software estadístico: IBM SPSS Statistics

4.5. Procedimientos

El diseño de la forma y dimensiones de las carreteras es un proceso complejo que requiere la recopilación de información de varias fuentes y la aplicación de herramientas de software especializadas. A continuación, se detallan las diferentes etapas y actividades involucradas en este proceso:

- ✓ Revisión bibliográfica: Esta etapa implica la consulta de diversas fuentes bibliográficas, como el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018, revistas especializadas, apuntes y documentos relacionados. Esta revisión tiene como objetivo adquirir conocimientos teóricos y prácticos sobre los principios y pautas de diseño geométrico de carreteras.
- ✓ Obtención de datos in situ: En esta etapa, se lleva a cabo un levantamiento topográfico detallado con el fin de capturar la forma y dimensiones exactas del tramo de carretera en sus tres ejes: horizontal (planta), vertical (perfil longitudinal) y perpendicular (secciones transversales).

Esto implica la utilización de equipos topográficos y técnicas de medición para capturar datos precisos sobre la configuración existente de la carretera.

- ✓ Fichas técnicas y aforo vehicular: Para evaluar el tráfico presente en la carretera, se realizan aforos vehiculares para el cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual). Utilizando fichas técnicas para registrar información relevante, como el número y tipo de vehículos, su velocidad y flujo, en diferentes intervalos de tiempo.
- ✓ Trabajo de oficina: En esta etapa, se procesa la información recopilada en campo utilizando software especializado, como Civil 3D-2023. El software ayuda a realizar el procesamiento de datos, generar modelos digitales del terreno, realizar cálculos y obtener planos con el diseño geométrico propuesto para la carretera.
- ✓ Evaluación de elementos del diseño geométrico: Se realizan cuadros y tablas para evaluar y analizar los diferentes elementos de diseño geométrico de la carretera. Estos elementos pueden incluir curvas horizontales y verticales, alineación de la carretera, peraltes, anchos de calzada, distancias de visibilidad, entre otros. La evaluación se realiza en relación de los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras y otras normativas aplicables.
- ✓ Luego de obtener los datos relevantes del diseño geométrico de la vía en el tramo mencionado se realizó el análisis estadístico usando el programa estadístico SPSS Statistics 26 (Statistical Package for the Social Sciences) consistirá en:
 - ✓ Determinar la normalidad de los datos levantados y hallados con el manual del DG-2018, es crucial entender por qué la normalidad es importante en estadística. Muchas pruebas estadísticas asumen que los datos se distribuyen de forma normal. Si nuestros datos no cumplen con esta suposición, los resultados de estas pruebas pueden ser poco confiables, para evaluar los resultados del análisis estadístico y generan conclusiones basadas en los resultados. Esto puede implicar la identificación de áreas de mejora en el

diseño geométrico de la carretera o la validación de que cumple con los estándares establecidos. (Kessler, 2013)

4.6. Análisis de datos

Se aplicó la prueba de normalidad para determinar si los datos se ajustan a una distribución normal, lo cual es crucial para elegir el tipo de análisis adecuado.

Existen diferentes pruebas para verificar la normalidad de los datos, como el **Test de Shapiro-Wilk** y el **Test de Kolmogórov-Smirnov**.

Se seguirá los siguientes pasos para realizar la prueba de normalidad en SPSS 26:

- Abrir SPSS y cargar el archivo de datos que deseas analizar (Archivo > Abrir > Datos).
- En la barra de menú de SPSS, selecciona Analizar > Estadísticos Descriptivos > Explorar para acceder al análisis de normalidad
- En la ventana de Explorar, mueva la(s) variable(s) de interés a la casilla de Dependientes. Estas son las variables para las cuales se desea evaluar la normalidad.
- Para realizar la prueba de normalidad, selecciona el botón Estadísticos en la ventana de Explorar.
- En la ventana de Estadísticos, marca la opción Pruebas de Normalidad. Aquí aparecerán los dos test más comunes: Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov
- Haz clic en Aceptar para ejecutar el análisis.

Los resultados aparecerán en la ventana de Resultados (Output) de SPSS.

Una vez que se ejecuta la prueba de normalidad, el programa estadístico SPSS Statistics 26 generará una tabla llamada **Pruebas de Normalidad**. Esta tabla mostrará los valores de la prueba de **Shapiro-Wilk** (para muestras pequeñas) y **Kolmogorov-Smirnov** (para muestras grandes), junto con sus respectivos valores **Sig. (p-value)**.

Si el valor de $p > 0.05$: Indica que los datos siguen una distribución normal por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula. En otras palabras, los datos son normales.

Si el valor de $p < 0.05$: Indica que los datos no siguen una distribución normal por ende se rechaza la hipótesis nula.

Si los datos no son normales, se considerará la prueba de Wilcoxon que es una prueba estadística no paramétrica que ayudara a comparar el tramo de la carretera in situ y aplicando el manual DG -2018.

Se seguirá los siguientes pasos para realizar la prueba de Wilcoxon en SPSS 26:

- Abrir el SPSS y cargar las dos variables relacionadas estén en columnas separadas.
- Acceder a la prueba de Wilcoxon: se va a la pestaña Analizar > Comparar Medias > Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.
- En la ventana de diálogo que aparece, selecciona las dos variables relacionadas y se mueve a la casilla Variables emparejadas.
- Se hará clic en Aceptar para ejecutar la prueba de Wilcoxon.
- Donde la Suma de rangos positivos y negativos: Muestra la magnitud de los cambios positivos y negativos en los pares de datos. Valor Z: Indica el resultado de la prueba. Valor de p (Asymp. Sig.): Si el valor $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay una diferencia significativa. Si $p > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula y no hay evidencia suficiente de una diferencia significativa.

4.7. Consideraciones éticas

(Colegio de Ingenieros del Perú , 1987) "El colegio de ingenieros del Perú, orienta a tener en cuenta la veracidad de la investigación, el derecho y respeto por el derecho de autor, de los cuales se obtuvo datos claves para el desarrollo de la investigación, así como la veracidad del laboratorio para la obtención de datos del tema de investigación."

V. Resultados y discusiones

5.1. Resultados

5.1.1. Clasificación de las carreteras.

- Categorización según la carga de demanda

Tabla 7

Clasificación por demanda

Descripción	Medida	Característica
Categoría		Carretera de primera clase
Número de Carriles	carriles	2
Superficie de Rodadura		Pavimento
IMDA	veh/día	3967
Ancho Mínimo de Carril	M	3.6

Nota. En la tabla 7 se detalla la clasificación de carretera por demanda en el tramo de estudio obtenida a partir del conteo vehicular y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

En la tabla 7 se muestra el tramo analizado, es una carretera principal pavimentada de dos carriles, con un ancho adecuado y un tráfico moderado acorde a su categoría (primera clase), según los datos de conteo vehicular y los estándares del Ministerio de Transportes y Comunicaciones vigentes en 2018.

- Clasificación basada en la topografía

Tabla 8

Clasificación por orografía del tramo

Descripción	Característica de curva
Pendientes Transversales	entre 11% y 50%
Pendientes Longitudinales	entre 3% y 6%
Tipo de Terreno	Terreno ondulado (tipo 2)

Nota. A partir del conteo vehicular y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) se obtuvieron la clasificación por ortografía del tramo de tesis.

- Clasificación por jerarquización vial.

De acuerdo con la jerarquización vial, esta carretera, al funcionar como enlace de vías departamentales y locales, se considera parte fundamental de la red vial nacional.

5.1.2. Vehículo de diseño

Se obtuvo un valor de IMDA 2712 veh/día y con un tránsito proyectado a futuro de 20 años es de 3967 veh/día, del aforo vehicular. Como vehículo tipo o de diseño se eligió el Semirremolque doble T3S2S2 que de acuerdo al Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, que aprueba el Reglamento Nacional de Vehículos, pertenece a la categoría O4 remolques (incluidos semirremolques), se eligió este por ser el vehículo más pesado, de mayor longitud, con mayor tránsito en la vía y número de accidentes reportados en los anexos 04 y 07.

Tabla 9

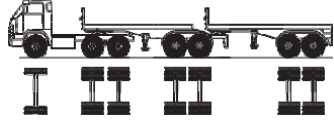
Parámetros fundamentales del vehículo tipo O (definido para diseño vial) de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos vigente (D.S. N° 058-2003-MTC o su modificatoria)

Tipo de vehículo	Separación ejes (m)	vuelo trasero (m)	Ancho total (m)	Ancho ejes (m)	Radio mínimo rueda exterior	vuelo delantero (m)	Largo total (m)	Alto total (m)
Semirremolque doble T3S2S2	5.40 / 12.20	-	2.60	2.60	1.00	1.20	23.00	4.30

Nota. Basándonos en las especificaciones del vehículo de diseño detalladas en las tablas 8 se procederá al cálculo de diversos parámetros geométricos de la carretera, incluyendo el alcance visual. Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003)

Tabla 10

Peso y medidas máximas permitidas del vehículo semirremolque T3S2S2

Configuración vehicular	Descripción grafica vehicular	Máx. long. (m)	Máximo peso (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje delantero	conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
T3S2S2		23,00	7	1 8	1 8	1 8	- 8	48

Nota. Según la tabla 10 se muestra que el vehículo T3S2S2 posee facilidad de distribución de pesos por ejes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003)

5.1.3. Velocidad de Diseño

Considerando los parámetros de la carretera y el vehículo, se estableció, según la tabla 11, el intervalo de velocidades de diseño.

Tabla 11

Clasificación por rango de velocidades

Clasificación	Und.	Carretera
Tipo		Primera clase
Orografía		terreno ondulado (tipo 2)
Resultado	km/h	60-70-80-90

Nota. Se ha establecido una velocidad de diseño de 60 km/h, según la figura 2, obtenida de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

5.1.4. Distancia de visibilidad

Tabla 12

La longitud mínima requerida para asegurar el frenado y la detención segura de un vehículo, tomando en cuenta la velocidad de proyecto de la vía

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente en bajada o nula			Pendiente en subida		
	9%	6%	3%	9%	6%	3%
60	97	92	87	75	77	80

Nota. La distancia de visibilidad de una carretera, se determinó según la figura 03 y se muestra en la tabla 12.

5.1.5. Distancia de paso o adelantamiento

Tabla 13

Visibilidad mínima necesaria para adelantar con seguridad en vías de doble sentido y un solo carril por sentido.

Velocidad en tramo recto (km/h)	Distancia mínima de adelantamiento, D_a (m)		Velocidad vehículo adelantador, V (km/h)	Velocidad vehículo adelantado (km/h)
	calculada	redondeada		
60	407	410	51	66

Nota. La distancia de velocidad de paso o de adelantamiento, según la tabla 12. Considerando una velocidad de diseño de 60 km/h, nos da una distancia de adelantamiento de 410m, por lo que según la distancia de la progresiva 779+200 a la progresiva 779+410, no se puede adelantar, además que es una doble curva, lo que podría producir accidentes.

5.1.6. Diseño geométrico horizontal

Tramo en tangente

$$L_{mín.s} = 1.39 V$$

$$L_{mín.o} = 2.78 V$$

$$L_{máx} = 16.70 V$$

Donde:

$L_{mín.s}$: Longitud mínima (m) del tramo recto entre dos curvas de sentido opuesto (trazado en "S").

$L_{mín.o}$: Longitud mínima (m) del tramo recto entre dos curvas del mismo sentido.

$L_{máx}$: Longitud máxima recomendada (m) para tramos rectos.

V : Velocidad base (km/h).

Tabla 14

La longitud de los segmentos rectos de la carretera

velocidad de diseño (km/h)	$L_{mín.s}$ (m)	$L_{mín.o}$ (m)	$L_{máx}$ (m)
60	83.40	166.80	1002

Nota. Utilizando una velocidad de diseño de 60 km/h se obtendrán los valores de las longitudes de los tramos rectos que unen curvas consecutivas, tanto aquellas con radios de curvatura en sentidos opuestos como en el mismo sentido, además de determinar la máxima longitud deseable para estos tramos.

Curvas circulares

- **Radio mínimos**

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

Donde:

R_{\min} : radio mínimo

V : velocidad de diseño (km/h)

P_{\max} : peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)

f_{\max} : coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V

Tabla 15

Valores límite para curvatura e inclinación transversal en proyectos viales

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño (km/h)	f máx (%)	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)	P máx (%)
Área rural (plano u ondulada)	60	0.15	123.2	125	8

Nota. En la tabla 14 con la velocidad de diseño se aplica la fórmula para radios mínimos

- **Curvas de transición**

La extensión mínima requerida para la curva de transición, obtenida mediante cálculo cumple con lo estipulado en las Tablas 302.10 (longitud mínima de curva de transición) y Tabla 16.

Tabla 16

Longitud mínima de curva de transición

Velocidad km/h	Radio min. M	A min. m ²	J m/s ³	Peralte máx. %	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
60	123	78	0.5	8	49	50

Nota. En la tabla 16 según la tabla 302.10 del DG 2018.

- **Curvas de vuelta**

Aplicando los criterios del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018, se han seleccionado radios interiores de 28m y 10m para las curvas, según los planos de replanteo, pero la tabla no muestra para radio de 28m ya que considera el radio interior mínimo hasta de 20m. Pero no se muestra para el diseño del vehículo semirremolque T3S2S2 que es para este diseño, solo para diseños de vehículos de T2S2, C2, C2+C2. Por lo que se considera el mayor radio exterior mínimo para el radio interior de 10m, que da como resultado un radio exterior mínimo $Re=20.50m$, y para el radio interior de 20m, da un radio exterior $Re=29.25m$ y será según la siguiente tabla 16.

Tabla 17

Radio exterior mínimo asociado al radio interno seleccionado para curvas de giro en intersecciones

Radio interior R_i (m)	Radio exterior mínimo R_e (m). Según maniobra prevista		
	C2	C2+C2	T2S2
10	18.75	20.5	16.75
20	28	29.25	26

Nota. Fuente propia.

- **Transición de peralte**

Se ha adoptado un peralte máximo del 8% para esta carretera, de acuerdo con la Tabla 302.13 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018. Se muestra la siguiente tabla 18 los valores para carreteras de tercera clase.

Tabla 18

Transición de peralte

Velocidad (km/h)	Longitud mínima de transición de peralte (m)	Longitud mínima de transición de bombeo (m)	Peralte máximo (%)
60	48	12	8

Nota. En la tabla 18 según la tabla 302.13 del DG 2018.

- **Sobreechancho**

Con el propósito de garantizar la seguridad en la curva, se aplicó la fórmula para calcular el sobreechancho necesario, considerando un radio mínimo de 60 km/h y un vehículo de diseño semirremolque doble T3S2S2 se tiene:

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

$$Sa = 2 \left(125 - \sqrt{125^2 - 13.60^2} \right) + \frac{60}{10\sqrt{125}} = 1.85m$$

Dónde:

Sa = Sobreechancho requerido en curvas (metros).

N = Cantidad de carriles en la calzada.

R = Radio de la curva horizontal (metros).

L = Batalla del vehículo de diseño (distancia entre ejes) [m].

V = Velocidad de proyecto (kilómetros por hora).

5.1.7. *Diseño geométrico vertical*

Curvas verticales

Se presentan dos casos, convexas y cóncavas:

- **Longitud de las curvas convexas**

Se realizó el cálculo de acuerdo a la tabla 302.02, del DG-2018, y se obtuvo los siguientes resultados, Tal como se evidencia en la tabla 19:

Tabla 19

Longitud de curvas convexas

Velocidad del proyecto (km/h)	Controlada por visibilidad de parada		Controlada por visibilidad de adelantamiento	
	Índice de curvatura correspondiente (K)	Distancia de visibilidad de paso requerida	Índice de curvatura correspondiente (K)	Distancia de visibilidad de parada requerida
60	195	410	11	85

Nota. En la tabla 19 según la tabla 302.02 del DG 2018.

- **Longitud de las curvas cóncavas**

Se realizó el cálculo de acuerdo a la tabla 302.03, del DG-2018, y se obtuvo los siguientes resultados, Conforme a la información contenida en la tabla 20:

Tabla 20

Longitud de arco de curvas cóncavas

Velocidad nominal de la vía (km/h)	Distancia de frenado segura (m)	Factor K para curvas verticales
60	85	18

Nota. En la tabla 20 según la tabla 302.03 del DG 2018.

5.1.8. *Diseño geométrico de sección transversal*

- **Calzada o superficie de rodadura y bermas**

Para acatar lo exigido por la normativa DG-2018 y asegurar un nivel de servicio óptimo, se han definido los siguientes anchos: 7.20 m para la calzada de la tabla 304.01 y 3.00 m para las bermas tabla 304.02 del manual. Estas dimensiones son necesarias para garantizar la seguridad en una carretera de primera clase con tráfico de doble sentido, permitiendo realizar maniobras con facilidad.

Se ha considerado una pendiente del 4% para la inclinación de las bermas.

Tabla 21

Clasificación por calzada

Velocidad de diseño (km/h)	Clasificación por demanda	Clasificación por orografía	Ancho mínimo de calzada en tangente (m)	Ancho de berma (m)
60	Carretera de primera clase	Ondulado (tipo 2)	7.2	3

Nota. En la tabla 21 según la tabla 304.04 del DG 2018.

- **Bombeo**

Con el fin de evitar el deterioro del pavimento asfaltado y garantizar la seguridad vial en condiciones de lluvia, se ha establecido una pendiente transversal del 2.5% de la

tabla 304.03 del manual Para hacer frente a una precipitación media anual superior a 500 mm.

Tabla 22

Clasificación por bombeo de la calzada

Tipo de superficie	bombeo (%) precipitación >500mm/año
Pavimento asfáltico	2.5

Nota. En la tabla 22 según la tabla 304.03 del DG 2018.

- **Peralte**

La función principal del peralte en las curvas es contrarrestar la fuerza centrífuga que experimenta un vehículo al tomar una curva, evitando así posibles salidas de vía y mejorando la seguridad vial. La normativa establece que el valor del peralte debe encontrarse entre un mínimo del 2% según la tabla 304.06 y un máximo del 8% de la tabla 301.05 del manual.

Tabla 23

Valores extremos del peralte

Velocidad nominal (km/h)	Rango inferior de peralte (%)	Rango superior de peralte (%)
60	2	8

Nota. En la tabla 23 según la tabla 304.06 del DG 2018.

- **Ancho y aprobación del derecho de vía**

Tabla 24

Derecho de vía mínimo (m)

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Carretera primera clase	25

Nota. Conforme a los lineamientos de la DG-2018, el ancho del terreno necesario para la construcción de una carretera de primera clase no puede ser inferior a 25 metros, según los valores establecidos en la tabla 304.09.

- **Taludes**

Los taludes de relleno y corte son fundamentales en el diseño de carreteras. Según nuestras observaciones en campo y la normativa DG-2018, las pendientes mínimas aceptables son de 1:1 para cortes y 1:1.5 para rellenos, garantizando así la estabilidad de estos elementos.

Teniendo en cuenta los resultados de las inspecciones de campo.

- **Cunetas**

Para la vía objeto de la presente tesis. la norma DG-2018 establece que la pendiente longitudinal de las cunetas revestidas de esta vía debe ser, como mínimo, del 0.2%.

5.1.9. *Resumen del diseño geométrico según la normatividad DG-2018.*

Tabla 25

Resumen del diseño geométrico según la normativa DG-2018.

Descripción	DG-2018	Unidad
IMDA	3967	
Carretera	Carretera de primera clase	
Long. Mínima tramo tangente	83.4	M
Longitud de carretera	0.478	Km
Long. Máxima tramo tangente	1002	M
Distancia de visibilidad de parada	77	M
Ancho de carril	3.6	M
Velocidad de diseño	60	km/h
Radio mínimo curvatura	125	M
L MIN. Curva de transición	50	M
Radio a prescindir en curva transición	123	M
Vehículo de diseño	T3S2S2 (Semirremolque doble)	
Talud en corte	1:1	
Ancho de berma	3	M
Bombeo	2.5	%
Peralte mínimo	2	%
Peralte máximo	8	%
Pendiente máxima	6	%
Talud en relleno	1:1.5	
Pendiente excepcional	9	%

Nota. Fuente: El autor

5.1.10. Evaluación de la consistencia

- **Consistencia de tramos tangentes**

Tabla 26

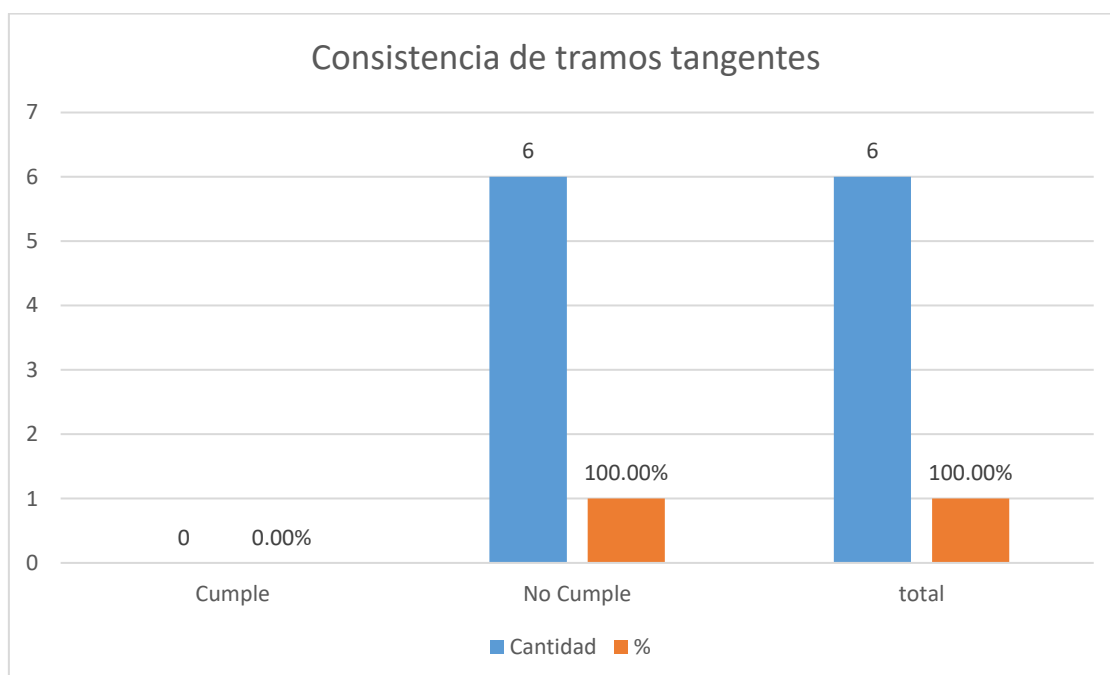
Regularidad geométrica en tramos rectos

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	100.00%	6
Cumple	0.00%	0
Total	100.00%	6

Nota. Fuente: El autor, después de comparar los datos recopilados y los parámetros normativos establecidos en la DG-2018, ninguno de los tramos tangentes evaluados cumple con los valores mínimos requeridos por dicha normativa.

Figura 15

Regularidad geométrica en tramos rectos



Nota. Fuente propia.

- **Consistencia de tramo circular**

Tabla 27

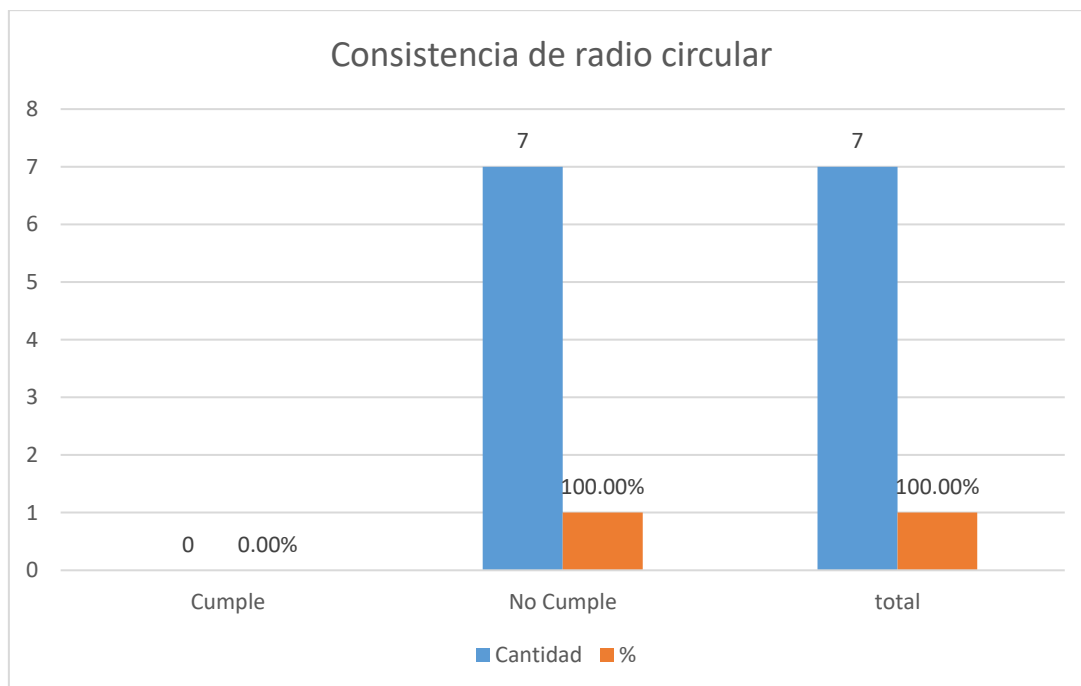
Coherencia geométrica de curvaturas

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	100.00%	7
Cumple	0.00%	0
Total	100.00%	7

Nota. Fuente: El autor tras realizar un análisis comparativo entre los datos obtenidos y los parámetros normativos establecidos en la DG-2018, ninguno de los radios circulares evaluados cumple con los valores mínimos requeridos por dicha normativa.

Figura 16

Coherencia geométrica de curvaturas



Nota. Elaboración propia.

- **Consistencia de sobreaancho**

Tabla 28

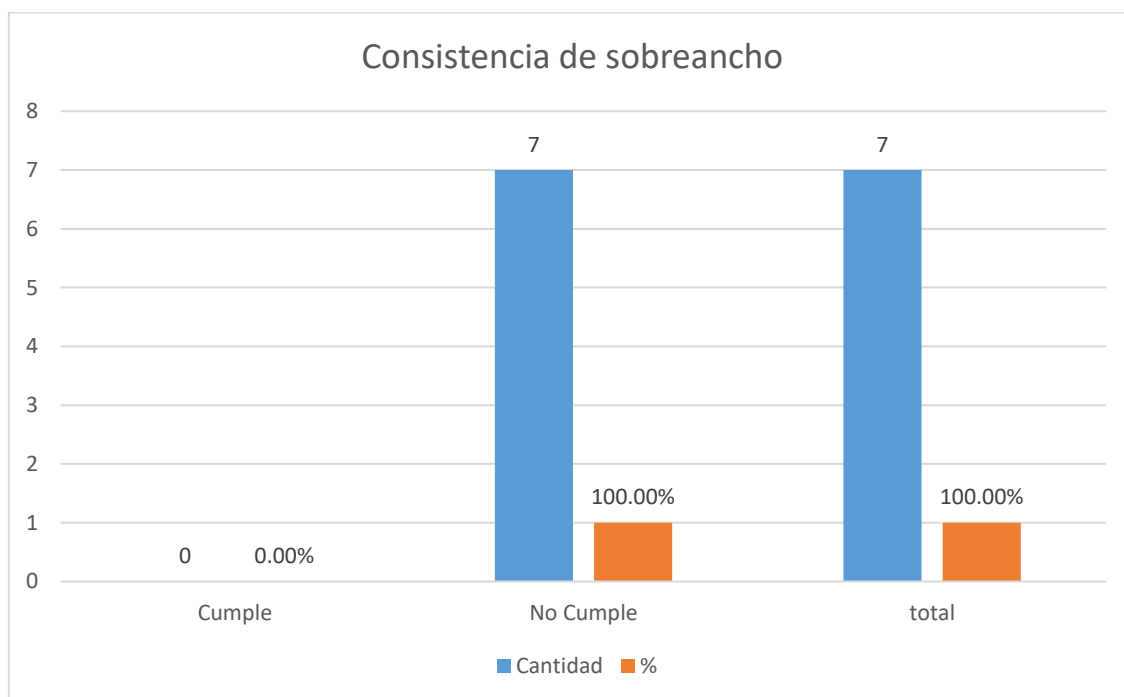
Consistencia de sobreaancho

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	100.00%	7
Cumple	0.00%	0
Total	100.00%	7

Nota. Los resultados del análisis indican que los sobreaanchos del tramo de tesis no cumplen con los requisitos mínimos exigidos por la norma DG-2018 en su totalidad.

Figura 17

Consistencia de sobreaancho



Nota. Elaboración propia.

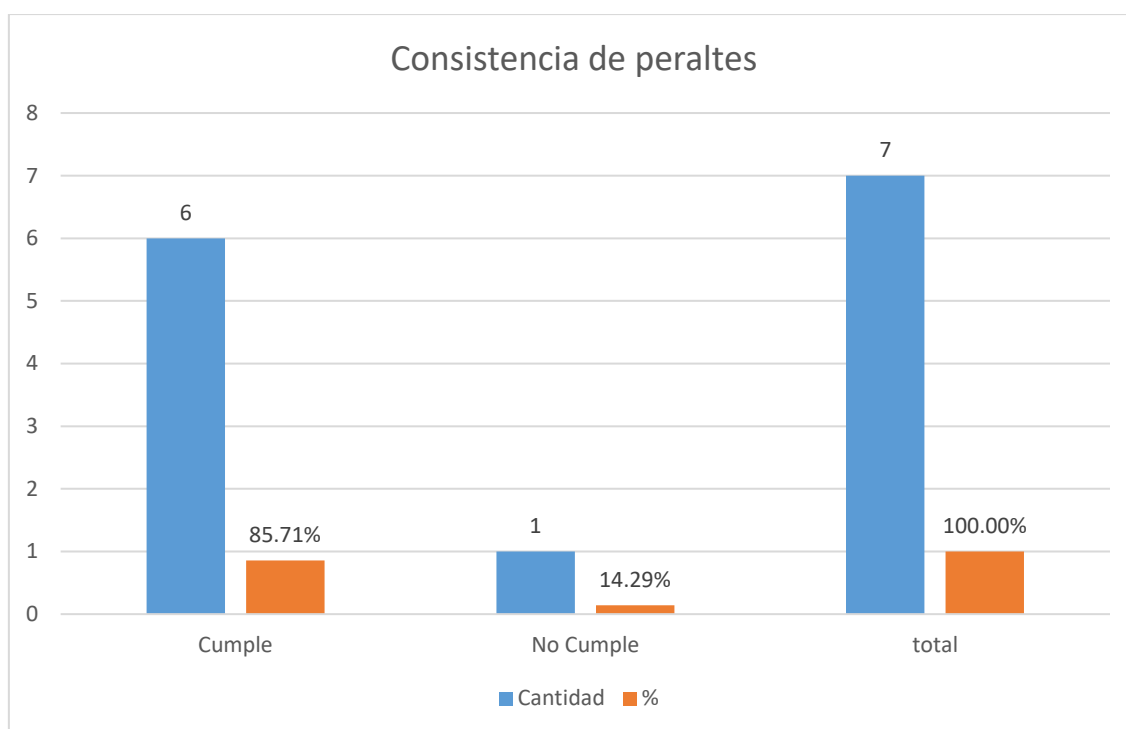
- **Consistencia de peraltes**

Tabla 29

Consistencia de peraltes

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	14.29%	1
Cumple	85.71%	6
Total	100.00%	7

Nota. Fuente: El autor, La evaluación comparativa entre los datos obtenidos in situ y los parámetros normativos de la DG-2018 revela que el 14.29% de los peraltes presentan deficiencias respecto a los valores mínimos establecidos.

Figura 18*Consistencia de peraltes*

Nota. Elaboración propia.

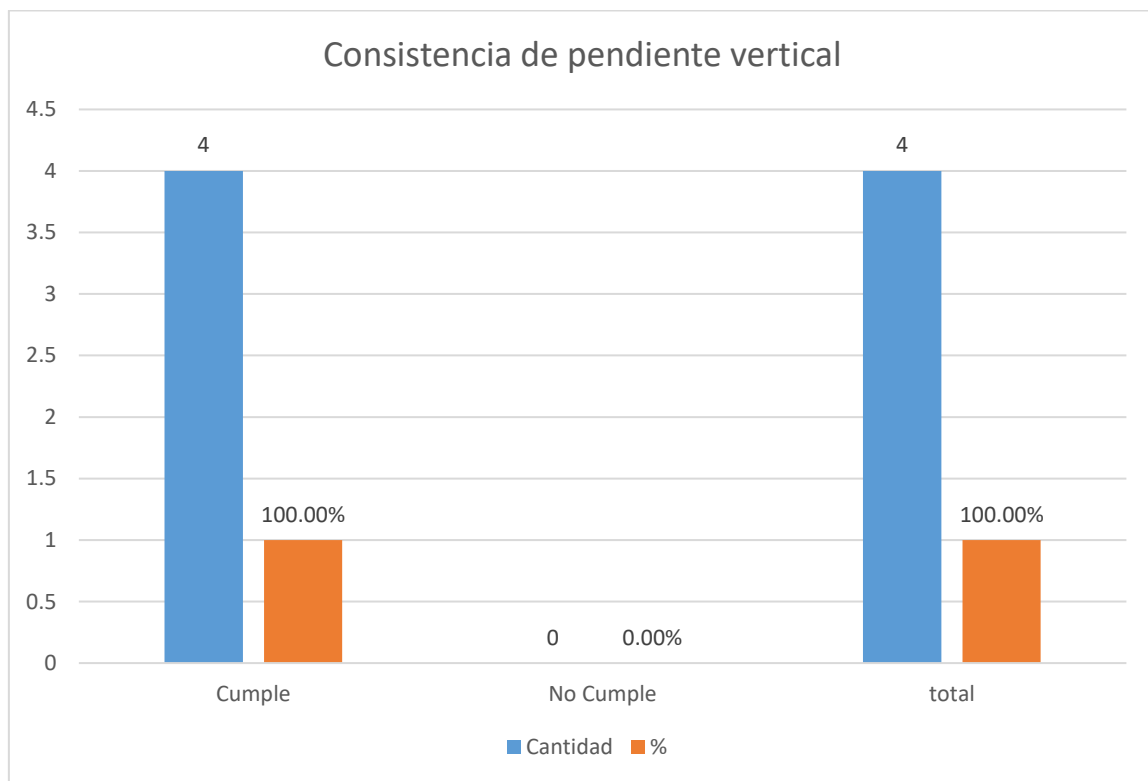
- **Consistencia de pendiente vertical**

Tabla 30

Consistencia de pendiente vertical

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	0.00%	0
Cumple	100.00%	4
Total	100.00%	4

Nota. El autor. Los resultados del análisis indican que las pendientes verticales de la vía estudiada no cumplen con los requisitos mínimos exigidos por la norma DG-2018 en su totalidad

Figura 19*Consistencia de pendiente vertical*

Nota. Elaboración propia.

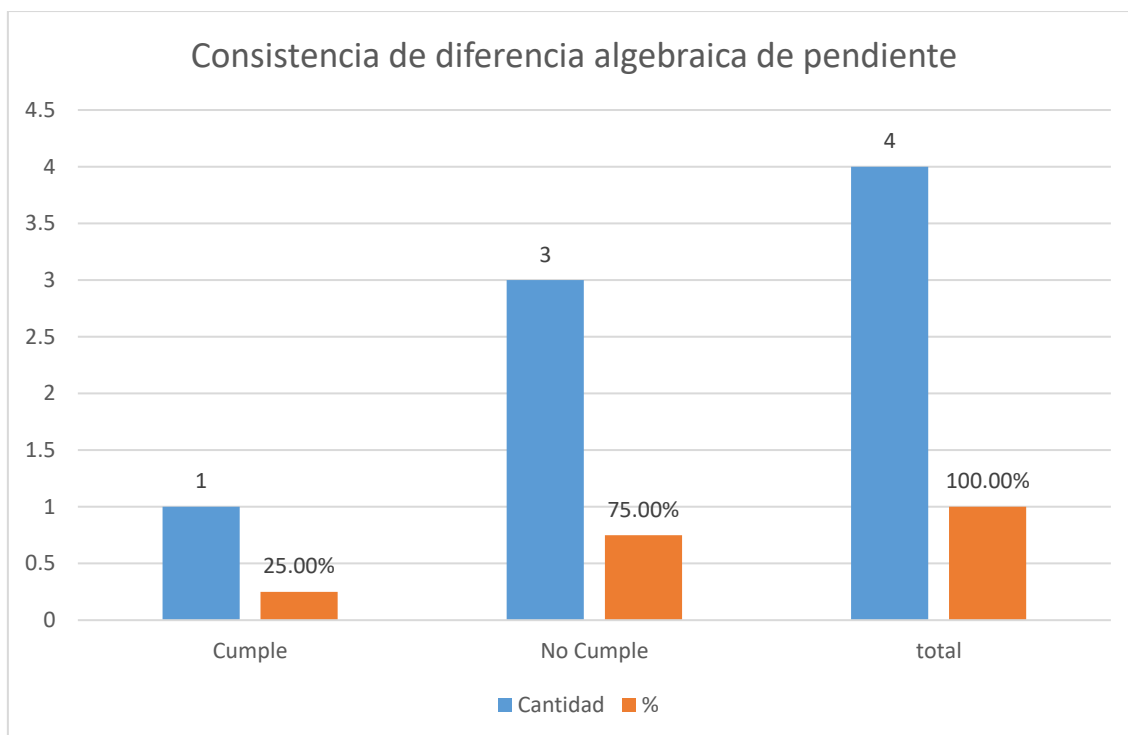
- **Consistencia de diferencia algebraica de pendiente**

Tabla 31

Consistencia de diferencia algebraica de pendiente

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	75.00%	3
Cumple	25.00%	1
Total	100.00%	4

Nota. El autor, La vía en estudio presenta un incumplimiento del 75% en cuanto a las diferencias algebraicas de pendiente mínimas establecidas en la norma DG-2018

Figura 20*Consistencia de diferencia algebraica de pendiente*

Nota. Elaboración Propia.

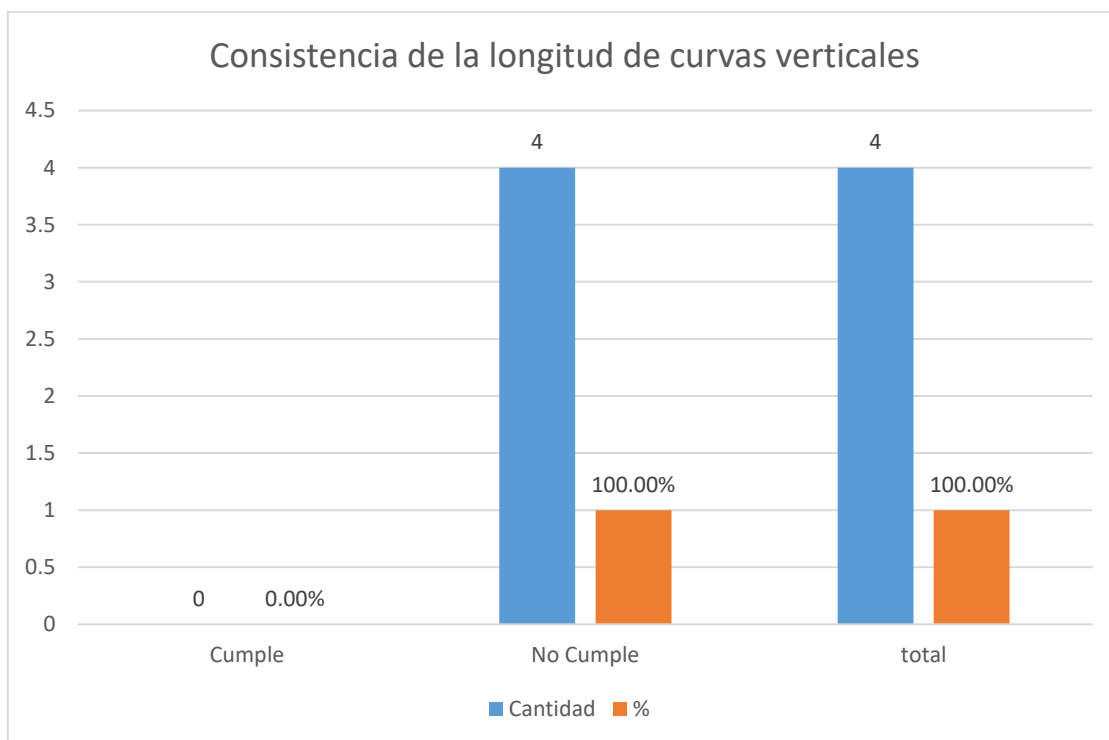
- **Consistencia de longitud de curvas verticales**

Tabla 32

Consistencia de longitud de curvas verticales

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	100.00%	4
Cumple	0.00%	0
Total	100.00%	4

Nota. Fuente: El autor, tras realizar un análisis comparativo entre los datos recopilados y los parámetros normativos establecidos en la DG-2018, se concluye que ninguna de las longitudes de las curvas verticales evaluadas cumple con los valores mínimos requeridos por dicha normativa.

Figura 21*Consistencia de longitud de curvas verticales*

Nota. Elaboración Propia.

• **Consistencia de calzada**

Tabla 33

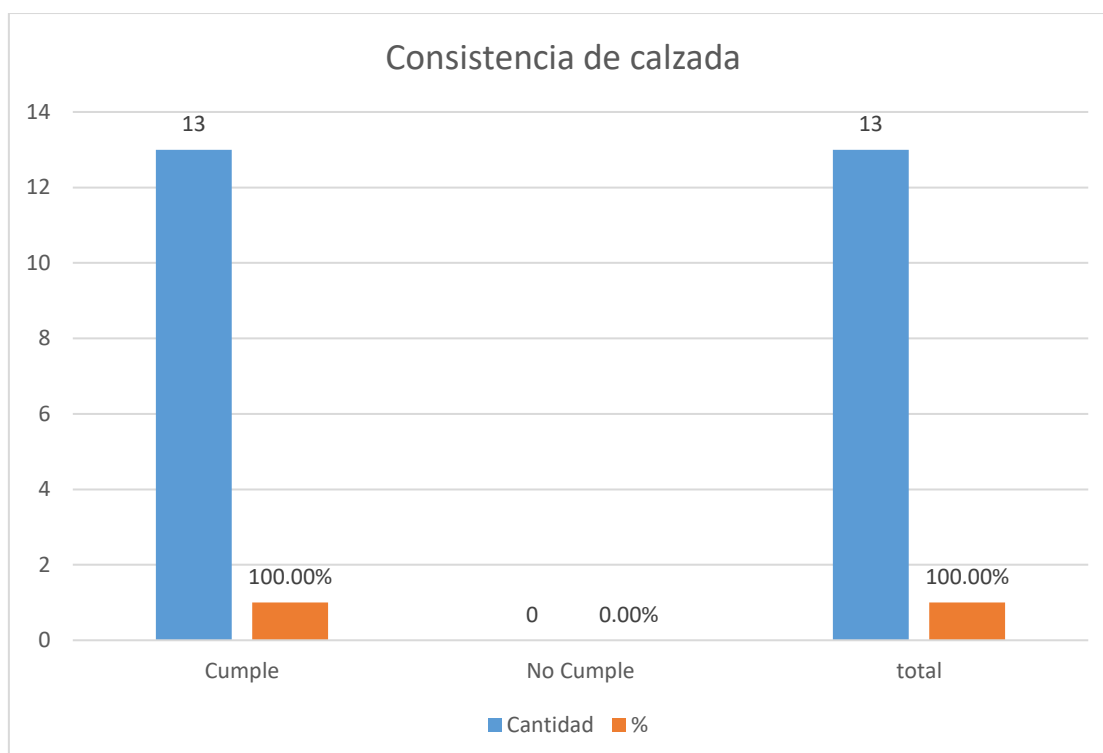
Consistencia de calzada

Cumplimiento	%	Cantidad
No Cumple	0.00%	0
Cumple	100.00%	13
Total	100.00%	13

Nota. Fuente: El autor. La evaluación de la consistencia entre los datos obtenidos in situ y los parámetros normativos de la DG-2018 revela que el 100% de las secciones de calzada presentan deficiencias en cuanto a las dimensiones mínimas requeridas.

Figura 22

Consistencia de calzada



Nota. Elaboración Propia.

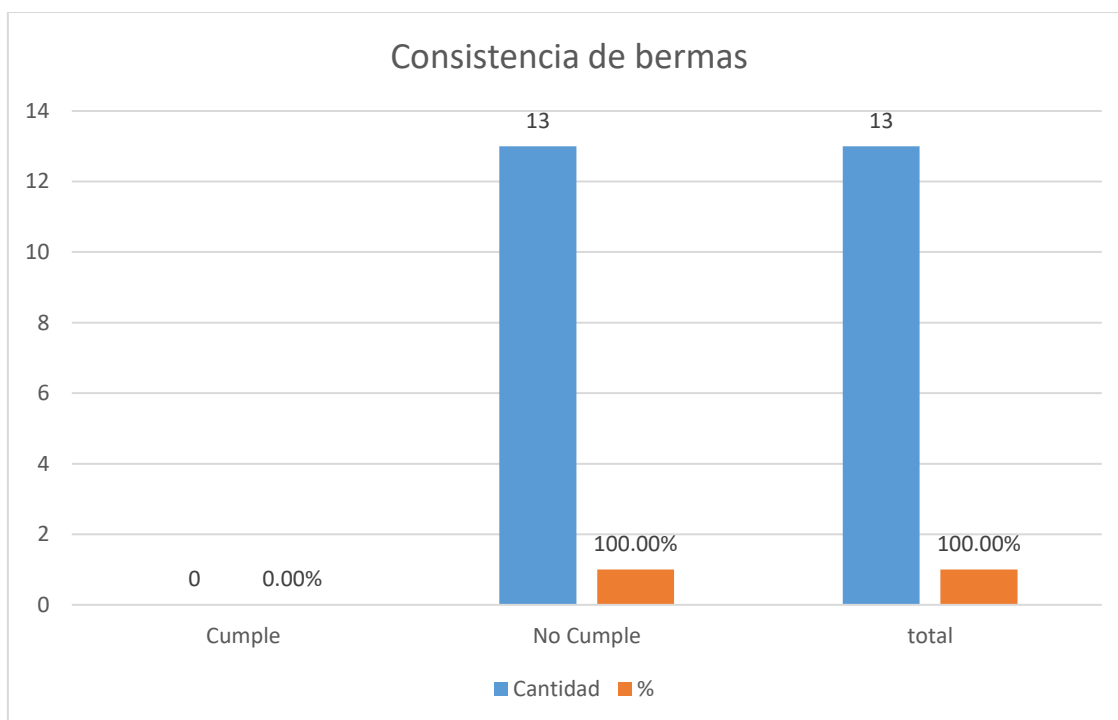
- **Consistencia de bermas**

Tabla 34

Consistencia de bermas

Cumplimiento	Cantidad	%
No Cumple	13	100.00%
Cumple	0	0.00%
Total	13	100.00%

Nota. Fuente: El autor, Al contrastar los datos obtenidos en campo con los parámetros mínimos de diseño de la norma DG-2018, se evidencia una discrepancia total en cuanto a las dimensiones de las bermas.

Figura 23*Consistencia de bermas*

Nota. Elaboración Propia.

5.2. Discusión de Resultados

El tramo a evaluar se registró un IMDA de 3967 veh/día en el tramo evaluado, comparando con el manual del DG-2018 este es menor a los 4000 veh/día lo cual hace referencia a una vía de primera clase, se escogió el vehículo de diseño el semirremolque doble "T3S2S2", con velocidad de diseño 60 km/hora.

En el tramo km 779+200 al 779+600 de la Carretera 3S (Lima-Cusco), se evidencia incumplimiento generalizado de los parámetros del *Manual de Diseño Geométrico DG-2018*: los tramos tangentes registran 41.04 m (frente a 166.80 m requeridos para Curva O y 83.40 m para Curva S), el sobreechancho alcanza 0.53 m (vs 1.85 m normativo), el radio mínimo es 35.29 m (vs 125.00 m), y la pendiente vertical máxima 6.42% (vs 8.00%). Adicionalmente, el peralte (7.05%) excede el rango normativo (2.00%-8.00%), las longitudes de curvas verticales convexas (33.85 m vs 195.00 m) y cóncavas (28.43 m vs 85.00 m) son inferiores, la diferencia algebraica de pendientes es 0.76% (vs 1.00% mínimo), la berma mide 1.29 m (vs 3.00 m), y el ancho de calzada 8.64 m (vs 7.20 m requerido), lo cual se corrobora mediante análisis estadístico.

Respecto al diseño geométrico vertical del tramo evaluado, según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2018), se observa que los promedios de longitud de las curvas verticales presentan discrepancias. Las curvas convexas promedian 33.85 m, significativamente por debajo del valor de referencia del manual (195 m). De manera similar, las curvas cóncavas tienen un promedio de 28.43 m, también inferior al estándar. Estas diferencias podrían atribuirse a que, durante el desarrollo del expediente técnico de este proyecto vial, se utilizaron criterios distintos para el vehículo de diseño y el volumen de tráfico previsto. En contraste, el diseño geométrico de la sección transversal cumple favorablemente con todas las disposiciones del manual.

5.3. Análisis estadístico

Se procedió al análisis estadístico usando el software IBM SPSS Statistics 26 que consistió en los siguientes ítems:

Formulación de hipótesis:

Ho: Hipótesis nula o hipótesis de trabajo: Carretera en el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 en la vía Lima -Cusco con el manual de carreteras: DG 2018.

H1: Hipótesis alterna o hipótesis del investigador: Carretera en el tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 en la vía Lima -Cusco No cumple con el manual de carreteras: DG 2018

- Nivel de significancia: 5% = Este valor (5% o 0.05) representa el riesgo máximo que estamos dispuestos a asumir de cometer un error Tipo I. Es decir, la probabilidad de rechazar incorrectamente la hipótesis nula (H_0) cuando en realidad es verdadera.
- Selección de la prueba estadística: Este paso consiste en elegir el método estadístico adecuado
- Cálculo e interpretación del valor p: Se calcula el valor p asociado a la prueba estadística realizada. El criterio establece que si este valor p es inferior al nivel de significancia ($p < 0.05$), se considera que los datos observados proporcionan evidencia estadísticamente significativa en contra de la hipótesis nula (H_0). Indica que lo observado sería muy improbable si H_0 fuera cierta.
- Conclusión basada en la evidencia: La decisión final sobre las hipótesis depende del valor p:
 - Si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa
 - Si $p > 0.05$ se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula

Los promedios de los datos obtenidos entre las progresivas km 779+200 y km 779+600, junto con los valores del Manual de Carreteras DG-2018, se presentan en la Tabla 34. La prueba de normalidad correspondiente se encuentra en la Tabla 35.

Tabla 35

Parámetros del diseño geométrico

N°	DESCRIPCIÓN	Tramo	
		progresiva 779+200 779+600	km al km DG 2018
1	IMDA	3967	4000
2	Tangente (curva S)	41,04	83,4
3	Tangente (curva O)	41,04	166,8
4	Radio mínimo	35,29	125
5	Sobreancho	0,53	1,85
6	Peralte	7,05	8
7	Pendiente vertical	6,42	8
8	Longitud de curva vertical cóncava	28,43	85
	Longitud de curva vertical convexa		
9	Ancho de calzada	33,85	195
10	Diferencia algebraica de pendientes	8,64	7,2
11	Berma	0,76	1
12		1,29	3

Nota. Fuente: El autor.

Tabla 36

Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	G		Estadístico	gl Sig.	
l		Sig.	gl		Sig.	
Tramo	0,523	1	0,000	0,339	1	
progresiva km		2			2	,000
779+200 al km						
779+600						
DG	0,485	1	0,000	0,377	1	
		2			2	,000

Nota. Fuente: El autor, usando el software IBM SPSS Statistics 26, donde a. Corrección de significación de Lilliefors

Dado que los análisis de normalidad revelaron que ambas variables no siguen una distribución normal ($p < 0.05$), se optó por emplear una prueba estadística no paramétrica para contrastar la hipótesis de investigación. En este caso particular, se seleccionó la prueba de Wilcoxon. Previo a su aplicación, se calcularon las diferencias entre los valores de ambas variables y se evaluó nuevamente la normalidad de estas diferencias en la tabla 36.

Tabla 37

Diferencia de parámetros del diseño geométrico

N°	DESCRIPCIÓN	Tramo		Diferencia
		progresiva km 779+200 al km 779+600	DG 2018	
1	IMDA	3967	4000	33
2	Tangente (curva S)	41,04	83,4	42,36
3	Tangente (curva O)	41,04	166, 8	125,76
4	Radio mínimo	35,29	125	89,71
5	Sobreancho	0,53	1,85	1,32
6	Peralte	7,05	8	0,95
7	Pendiente vertical	6,42	8	1,58
8	Longitud de curva vertical cóncava	28,43	85	56,57
9	Longitud de curva vertical convexa	33,85	195	161,15
10	Ancho de calzada	8,64	7,2	-1,44
11	Diferencia algebraica de pendientes	0,76	1	0,24
12	Berma	1,29	3	1,71

Nota. Fuente: El autor.

Tabla 38

Prueba de normalidad de la diferencia

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	0,270	12	0,016	0,801	12	0,010

Nota. Fuente: El autor, Donde a. Corrección de significación de Lilliefors, Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk: Indican las pruebas estadísticas utilizadas, Estadístico: El valor calculado a partir de los datos, que se compara con un valor crítico para tomar una decisión, donde gl: Grados de libertad, un concepto estadístico relacionado con el tamaño de la muestra y Sig.: Nivel de significancia, un valor que indica la probabilidad de obtener un resultado al menos tan extremo como el observado si la hipótesis nula (los datos se distribuyen normalmente) fuera cierta.

En este caso, tanto la prueba de Kolmogorov-Smirnov como la de Shapiro-Wilk presentan un valor de Sig. menor a 0.05 (0.016 y 0.010 respectivamente). Esto significa que se rechaza la hipótesis nula para ambas pruebas. En otras palabras, los datos de la variable "diferencia" no siguen una distribución normal.

Tabla 39

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Tramo	Rangos	11 ^a	6,73	74,00
progresiva km	negativos			
779+200	al Rangos positivos	1 ^b	4,00	4,00
km 779+600	Empates	0 ^c		
DG-2018	Total	12		

a. Tramo progresiva 779+200km al 779+600 < DG-2018
 b. Tramo progresiva 779+200km al 779+600 > DG-2018
 c. Tramo progresiva 779+200km al 779+600 = DG-2018

Nota. Fuente: El autor, usando el software IBM SPSS Statistics 26

La tabla 39 se presenta el resume de los resultados de una **prueba de Wilcoxon**, utilizada para comparar dos muestras relacionadas, es una prueba estadística no paramétrica. En este caso, se está comparando una variable llamada "DG" con un "Tramo progresiva km 779+200 al km 779+600", donde los rangos negativos: Significa que, en 11 casos, el "Tramo progresiva km 779+200 al km 779+600" era menor que "DG - 2018", Rangos positivos: Significa que, en 1 caso, "DG-2018" era menor que el "valor actual", Suma de rangos: La suma de los rangos nos da una idea de la magnitud de las diferencias en cada grupo. En este caso, la suma de los rangos negativos es mucho mayor que la de los positivos, lo que indica que, en general, el "Tramo progresiva km 779+200 al km 779+600" tiende a ser menor que "DG-2018" y no hubo empates

Esta tabla nos muestra que existe una diferencia significativa y que el Tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 tiende a ser menor que el "DG-2018".

Tabla 40

Estadísticos de prueba

Estadísticos de prueba ^a	
Tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 – DG 2018	
Z	-2,746 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,006

Nota. El autor, usando el software IBM SPSS Statistics 26, donde: a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon y b. Se basa en rangos positivos.

Dado que $Z = -2.746$: Este es el estadístico de prueba, que nos indica qué tan lejos está nuestra muestra de lo que esperaríamos si la hipótesis nula fuera cierta (es decir, si no hubiera diferencia entre "Tramo progresiva km 779+200 al km 779+600" y "DG-2018"). Un valor de Z más grande (en valor absoluto) sugiere una mayor evidencia en contra de la hipótesis nula, el valor negativo de Z (-2.746) indica que, en promedio, " Tramo progresiva km 779+200 al km 779+600 " es menor que "DG-2018".

Dado que el valor p es inferior a 0.05, se evidencia una discrepancia significativa entre los parámetros geométricos de la Carretera a evaluar y los estándares establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de conformidad con dicha normativa, por ende, los resultados del análisis estadístico revelan que la construcción de la carretera no se ajusta a las especificaciones del manual de diseño, presentando desviaciones significativas en sus dimensiones.

VI. Conclusiones

Conclusión para el objetivo general

Al evaluar las características del diseño geométrico de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco, carretera 3s-Abancay 2023, con el manual de carreteras: diseño geométrico 2018, se evidencia una discrepancia significativa entre las características geométricos de la Carretera a evaluar y las características establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018, por ende, se indica que la carretera no está construida según las guías establecidas en el manual de diseño y hay diferencias importantes en sus medidas.

Conclusión para el objetivo 1

Se Efectuó el estudio topográfico mediante GPS diferencial de la carretera en el tramo progresiva km 779 + 200 al km 779 + 600 en la vía Lima – Cusco carretera 3s - Abancay 2023, teniendo como resultados los planos en planta, perfil longitudinal y secciones transversales. Los que se dibujaron a detalle, donde se evidencio las características geométricas de la carretera en investigación.

Conclusión para el objetivo 2

El análisis del diseño geométrico horizontal del tramo, contrastado con el Manual de Carreteras DG-2018, revela incumplimientos en varios aspectos: la longitud del tramo tangente (Curva S) es de 41.04 m, inferior a los 83.40 m requeridos; asimismo, el promedio del tramo para curvas opuestas (Curva O) es de 40.93 m, muy por debajo de los 166.8 m estipulados en la Tabla 302.01. En curvas circulares, el radio mínimo promedio es de 35.29 m, menor que el mínimo de 125.00 m de la Tabla 302.02, y la longitud mínima de curva de transición (Tabla 302.10) es de 50 m; para las curvas de vuelta, aplicando el manual, se adoptó un radio exterior de 29.25 m (considerado mayor al interior de 20 m). Si bien el peralte máximo adoptado es del 8%, acorde a la Tabla 302.13, el sobreancho promedio implementado es de 0.53 m, insuficiente frente a los 1.85 m obtenidos de la Figura

302.18.A, evidenciando que el tramo no cumple al 100% con las especificaciones del manual.

Conclusión para el objetivo 3

El análisis del diseño geométrico vertical (perfil longitudinal) del tramo, conforme al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2018, revela que la longitud promedio de las curvas convexas es de 33.85 m, muy por debajo de los 195 m mínimos exigidos en la Tabla 302.02; asimismo, las curvas cóncavas presentan un promedio de 28.43 m, inferior a los 85 m requeridos por la Tabla 302.03, incumpliendo ambos casos el 100% de la norma. Si bien las pendientes cumplen con los rangos del manual (mínima 2% y máxima 6%, según Tabla 303.01), las deficiencias en las longitudes de curva evidencian un desajuste general con las especificaciones técnicas.

Conclusión para el objetivo 4

La evaluación del diseño geométrico de sección transversal, mediante levantamiento topográfico y contrastado con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2018, confirma un 100% de cumplimiento normativo: la calzada cumple 7.20 m (Tabla 304.01), las bermas 3.0 m (Tabla 304.01), el bombeo 2.5% (Tabla 304.03), los peraltes oscilan entre el mínimo 2% (Tabla 304.06) y máximo 8% (Tabla 304.05), los taludes mínimos son 1:1 en cortes y 1:1.5 en rellenos, y las cunetas garantizan el 0.2% mínimo de pendiente.

VII.Recomendaciones

Recomendación del objetivo general

Se recomienda que futuros estudios profundicen en el análisis del diseño geométrico de carreteras, aplicando rigurosamente los criterios técnicos del manual DG 2018 (lineamientos, parámetros y características). Este enfoque garantizará que la infraestructura vial cumpla con los estándares funcionales y normativos, asegurando así una movilidad segura, fluida y confortable para los usuarios.

Recomendación del objetivo específico 1

Se sugiere planificar con tiempo anticipado la realización del levantamiento topográfico para prever los tiempos y condiciones climáticas que hay en el tramo a evaluar, priorizar la seguridad de todo el personal durante la ejecución del levantamiento, tomar en cuenta las posibles interferencias en el trabajo, como la presencia de tráfico vehicular o peatonal, utilizando señaléticas de advertencia como alto y siga, realizar los perfiles longitudinales y transversales para obtener una representación detallada de las características geométricas de la carretera incluyendo los planos topográficos, perfiles y secciones transversales a la escala adecuada utilizando el software AutoCAD Civil 3D 2023.

Recomendación del objetivo específico 2

Es recomendable proceder con un nuevo diseño geométrico del tramo, ensanchando la vía, a fin de incorporar las dimensiones calculadas para sus características horizontales. Dicho diseño debe regirse por el manual DG-2018.

Recomendación del objetivo específico 3

Se recomienda implementar las nuevas dimensiones calculadas de las características del diseño geométrico vertical del tramo de estudio mediante un nuevo diseño geométrico del tramo de preferencia ensanchando la vía, considerando los lineamientos, parámetros y características establecidos en el manual DG 2018.

Recomendación del objetivo específico 4

Se recomienda implementar las nuevas dimensiones calculadas de las características del diseño geométrico de sección transversal del tramo de estudio mediante un nuevo diseño geométrico del tramo de preferencia ensanchando de la vía para poder tener la medida de berma adecuada a lo establecido en el manual DG 2018. Además dada la alta incidencia de accidentes en el tramo en estudio, se recomienda que el MTC y Sur vial emprendan acciones conjuntas para mejorar la infraestructura vial. Esto incluye la adquisición de los terrenos necesarios para ampliar la vía y la adecuación de esta a los estándares establecidos en el manual DG 2018.

VIII. Referencias

- Alarcon Ataucusi, J. (2024). *Evaluación y diseño geométrico de la carretera Vinchos - Paccha - Andabamba en el distrito de Vinchos -Huamanga - Ayacucho, 2022*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga .
- Caballero Cervantes , L. P., & Rios Sauñe, M. R. (2023). *“Incidencia del diseño geométrico y propuesta para la mejora de la seguridad vial, tramo Allpachaca – Chontay, distrito Pichirhua, Abancay, Apurímac, 2022”*. Abancay.
- Hernández Sampieri , C., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio , P. (1993). *Metodología de la Investigación*. Colombia: MCGRAW-HILL.
- Loachamín Simbaña, L. F., & Carrión Latorre, H. P. (2022). *Rediseño Geométrico de la vía Quito Loma de la comunidad de San Francisco de Oyacoto, Cantón Quito, Provincia de Pichincha*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, 4-6.
- Quiroz Marquez, J. W. (2020). *“Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajabamba-ponte (km 52+300 – km 48+050) de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de carreteras DG-2018.”*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte .
- Agorty Burbano, L. J. (s.f.). *Peralte* . Colombia : Universidad de Nariño.
- Agudelo Oquendo, C. M. (2021). *Ruta de Intervención Social en Proyectos de Infraestructura Vial de construcciones el condor* . Colombia: Universidad EAFIT.
- Albert Robles , A. J. (2020). *Evaluación de los parámetros del diseño geométrico de la carretera Huaraz - Santo Toribio (l=16 km) con el Manual de Diseño Geométrico 2018, año 2020*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Alvarado Peralta y Martinez Cardenas, W. E. (2017). Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622668/Martinez_CL.pdf?sequence=5

- Barrera Ardila, L. (2012). *Parametros de Seguridad Vial para el Diseño Geometrico de Carreteras*. Bolivia.
- Cabezas Mejia, E. D., Andrade Naranjo, D., & Torres Santamaria, J. (2018). *Introduccion a la Metodologia de la Investigacion Cientifica*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).
- Camacho Torregrosa y Perez Zuriaga, F. J. (26 de Octubre de 2012). Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/17573?show=full>
- Cárdenas Crisales, J. (2013). *Diseño Geometrico de Carreteras*. Ecoe.
- Chocontá Rojas, P. (2011). *Diseño Geometrico de Vías*. Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Colegio de Ingenieros del Perú . (1987). *Código de ética del colegio de Ingenieros del Perú* . Lima.
- Condorena Paredes , D. P. (2021). *Propuesta de mejora del Diseño Geométrico de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza año 2018*. San Martin : Universidad Científica del Perú.
- Cortes Orobio, J. C. (2023). *Diseño Geométrico de la Vía entre la Vereda la Silvania al Centro Ecoturístico la Corunta del. Girardot, cundimarca, colombia*.
- Delgado Melo, W., & Gallo Cely, M. A. (2021). *Guía práctica para la generación de carreteras de Diseño Geométrico de una carretera en formatos del Instituto Nacional de Vías -Invias a partir de la información generada por el Software Autocad Civil 3D 2017 y posteriores*. Bogota: Universidad militar Nueva Granada.
- Delzo Cuyubamba, F. D. (Agosto de 2018). Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12616/DELZO_CUYUBAMBA_PROPUESTA_DISE%C3%91O_GEOMETRICO_TESIS.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Diaz San Juan, L. (2011). *La Observacion* . Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.

- Freire Ruiz, C. D. (2020). *Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyopinllopata en el tramo Km 20+00 - 24+00 perteneciente a los cantones Pujili y Pangua de la provincia de Cotopaxi*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- García Depestre, R. (2020). Riesgos potenciales en la infraestructura de carreteras: análisis de riesgo en tramo de carretera rural.
- García García, A., Pérez Zuriaga, A. M., & Camacho Torregrosa, J. (s.f.). *Introducción al Diseño Geométrico de Carreteras: Concepción y Planteamiento*. Valencia : Universitat Politècnica de València.
- Gutierrez Ipenza y Pumayali Camacho, J. C. (2018). Obtenido de <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/149/Mejoramiento%20y%20rehabilitaci%C3%B3n%20del%20camino%20vecinal%20tramo%20Nogalpampa-Cotarma-Piscaya%2C%20Distrito%20Pichirhua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Colombia: MCGRAW-HILL.
- Holgado Barco, A. (2016). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=155530>
- Kessler, M. (2013). *Métodos Estadísticos de la Ingeniería*.
- Labrador Tovar, M. Y., Moreno Ardila, L. A., Ortiz Rojas, L. M., & Useche Díaz, N. F. (2022). *Intercomunicación Vial del Tránsito Vehicular entre los Municipios de Villeta y Útica*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Martínez de Sánchez, A. M. (2011). Diseño de Investigación . *Universidad Nacional de Córdoba*.
- Medina Cruzado, K. G. (25 de Octubre de 2016). Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10367>

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2 de Octubre de 2023). *Mapas Viales por Rutas Nacionales* (D.S. N° 011-2016-MTC). Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapa-ruta-nacional.html
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (10 de Febrero de 2006). Obtenido de <https://www.proviasdes.gob.pe/Normas/Proyecto.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos – Decreto Supremo N° 058-2003-MTC*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras: especificaciones Técnicas generales para construcción*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de inventarios viales*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_8%20IV-2014_2015.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras especificaciones técnicas generales para construcción*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018*.
- Morales Godoy, O. L. (2015). Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/16389>
- Navarro Guzman, A. M., & Peña Ortiz, L. A. (2020). *Generación de un cartilla práctico- Aplicativo para el Diseño Geométrico de vías "En curvas circulares simples " a partir de la recopilación de información lograda en el ambito de pregrado de la Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Villavicencio*. Villavicencio: Universidad cooperativa de Colombia .

- Ortiz Huaman, F. R. (03 de Agosto de 2018). Obtenido de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1483359>
- Perez Ballon, L. V. (2016). Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RPUC_4378f5aed2fc915d7a46e6b34019de69
- Rodriguez Armas, J. (2015). Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2156/1/T-UIDE-1233.pdf>
- Siguencia Siguencia , M. Y. (2019). *Determinación de parámetros para el Diseño Geométrico vial urbano a partir de la norma Ecuatoriana y Normativas Internacionales* . Azogues : Universiadd Católica de Cuenca Sede Azogues .
- Ticona Condori y Choque Mamani, E. D. (2016). Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3290/Ticona_Condori_Elvis_Derwin_Choque_Mamani_Percy_Anibal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vestalia. (17 de Junio de 2024). Obtenido de <https://vestalia.es/actualidad/que-es-un-talud-y-para-que-sirve/>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes.