



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Características geométricas de la Carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario acorde al manual de carreteras: DG-2018, Supe 2023

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores

Jose Daniel Alamas Medina

Gonzalo Miguel Prada Coello

Asesora

Dra. Edith Meryluz Claros Guerrero


Universidad Nacional
“José Faustino Sánchez Carrión”

Dra. Edith Meryluz Claros Guerrero
DNU 314

Huacho – Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

FACULTAD: INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Alamas Medina Jose Daniel	75134768	12 de diciembre del 2024
Prada Coello Gonzalo Miguel	73135487	12 de diciembre del 2024
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Dra. Claros Guerrero Edith Meryluz	15742746	0000-0002-2765-953X
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Lic. Hernandez Molina Segundo Absalon	15589217	0009-0006-1931-671X
M(o). Bazan Bautista Ronnel Edgar	18010195	0000-0003-0349-6462
M(o). Pozo Gallardo Emerson David	42798750	0009-0006-3799-2797

Alamas Medina Jose Daniel Exp. 2024-085082 Prad...

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CARRETERA CAMPIÑA, SANTO DOMINGO Y VIRGEN DEL ROSARIO ACOR...

- Quick Submit
- Quick Submit
- Facultad de Ingeniería Civil

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3089336621

Fecha de entrega

22 nov 2024, 12:57 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 nov 2024, 1:24 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

S_MEDINA_JOSE_DANIEL_y_PRADA_COELLO_GONZALO_MIGUEL_organized.pdf

Tamaño de archivo

1.9 MB

75 Páginas

13,627 Palabras

72,652 Caracteres



Página 2 of 84 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3089336621

20% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas
- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 19% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Activar W
Ve a Config

PRESIDENTE

Lic. HERNANDEZ MOLINA SEGUNDO ABSALON

SECRETARIO

M(o). BAZAN BAUTISTA RONNEL EDGAR

VOCAL

M(o). POZO GALLARDO EMERSON DAVID

ASESOR

Dra. CLAROS GUERRERO EDITH MERYLUZ

DEDICATORIA

Con sincero agradecimiento y aprecio, dedicamos esta tesis a nuestros padres, cuyo apoyo constante y sacrificio han sido esenciales para nuestro éxito académico. También queremos dedicar este trabajo a nuestros mentores y profesores, cuya guía experta y continuo estímulo han sido cruciales para nuestro desarrollo intelectual. Que este esfuerzo conjunto refleje nuestra gratitud y rinda homenaje al valor del trabajo en equipo y la colaboración en la búsqueda del conocimiento.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra más profunda gratitud a todas las personas que han desempeñado un papel importante en la realización de esta tesis. En primer lugar, a nuestros padres, cuyo afecto, respaldo incondicional y sacrificio han sido el pilar de nuestro logro académico. Expresamos un profundo agradecimiento a nuestros docentes y mentores, cuya experta orientación y compromiso nos han motivado a lo largo de este proceso. También queremos reconocer la valiosa contribución de nuestros compañeros de estudio y amigos, cuyo estímulo y colaboración han enriquecido nuestra experiencia académica. Por último, pero no menos importante, agradecemos a todas las personas que han facilitado el acceso a recursos y datos necesarios para esta investigación. Su generosidad y apoyo han sido fundamentales en cada etapa de este viaje. Este trabajo es el resultado de un esfuerzo conjunto y estamos profundamente agradecidos por todas las manos amigas que nos han ayudado a alcanzar esta meta.

INDICE|

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	13
1.2 Formulación del problema	15
1.2.1 Problema General	15
1.2.2 Problemas Específicos	15
1.3 Objetivos de la investigación	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Justificación de la Investigación	16
1.5 Delimitaciones del Estudio	17
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1 Antecedentes de la Investigación	19
2.1.1 Investigaciones internacionales	19
2.1.2 Investigaciones Nacionales	21
2.2 Bases Teóricas	23
2.3 Bases filosóficas	36
2.4 Definición de términos básicos	36
2.5 Hipótesis de investigación	38
2.5.1 Hipótesis general	38
2.6 Operacionalización de las variables	39
CAPÍTULO III	40
METODOLOGÍA	40
3.1 Diseño metodológico	40
3.2 Población y muestra	40
3.2.1 Población	40
3.2.2 Muestra	41
3.3 Técnicas de recolección de datos	41
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información	41
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS	42
4.1. Estado Actual de la carretera	42
CAPÍTULO V	58
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
5.1 Discusión de Resultados	58
CAPÍTULO VI	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60

6.1 Conclusiones	60
6.2 Recomendaciones	60
REFERENCIAS	62
ANEXOS	66

Resumen

En esta investigación se propuso examinar las características geométricas de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, en base al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018. Se evaluó el estado actual, considerando criterios y controles básicos, así como el diseño geométrico en planta, en perfil, y sección transversal. Obteniéndose como resultado que la topografía predominante es ondulada, clasificándose según el conteo vehicular como de Segunda Clase, con 8 m, como ancho de vía promedio. De los tramos en línea recta, solo uno cumple con los estándares; en cuanto al diseño geométrico en perfil, 6 de los 22 tramos revisados cumplen con los radios mínimos para curvas simples según el manual. Además, en relación con las pendientes máximas y la verificación de curvas convexas, la mayoría de los tramos cumple con las especificaciones. No obstante, al examinar la sección transversal, se observó que solo 20 de las 100 secciones cumplen con el ancho mínimo de la calzada, y ninguna cumple con el ancho de berma requerido. En resumen, se subraya la importancia de la supervisión durante la ejecución de la obra para corregir posibles inconsistencias y asegurar el cumplimiento de los diseños planificados.

Palabras claves: Evaluación, Carretera, Conteo Vehicular , Supervisión de obra

Abstract

This research proposed to examine the geometric characteristics of the Campiña, Santo Domingo and Virgen del Rosario road, based on the Geometric Design Manual DG-2018. The current state was evaluated, considering basic criteria and controls, as well as the geometric design in plan, profile, and cross section. As a result, the predominant topography is undulating, classified according to the vehicle count as Second Class, with 8 m as average road width. Of the straight line sections, only one complies with the standards; as for the geometric design in profile, 6 of the 22 sections reviewed comply with the minimum radii for simple curves according to the manual. In addition, in relation to the maximum slopes and the verification of convex curves, most of the sections comply with the specifications. However, when examining the cross section, it was observed that only 20 of the 100 sections meet the minimum roadway width, and none meet the required berm width. In summary, the importance of supervision during the execution of the work to correct possible inconsistencies and ensure compliance with the planned designs is emphasized.

Key words: Evaluation, Road, Vehicle Counting, Construction Supervision

Introducción

El análisis de las características geométricas de las carreteras es esencial para garantizar la seguridad vial, mejorar el flujo de tráfico y fomentar un transporte eficiente y sostenible. Además, evaluar la conformidad de estas características con los estándares establecidos permite identificar áreas de mejora en la infraestructura vial, contribuyendo al desarrollo socioeconómico y al bienestar de la comunidad.

La carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario presentan deficiencias en el diseño que afectan la seguridad y comodidad de los usuarios. Entre los problemas más comunes se encuentran las curvas y los anchos de carril insuficientes. Estos problemas no solo aumentan el riesgo de accidentes, también reducen la eficiencia del tráfico, incrementando los tiempos de viaje y los costos operativos.

Esta investigación está estructurada en seis capítulos:

Capítulo I: Introducción. Este capítulo describe el contexto general, plantea el problema y justifica los motivos de la investigación. Además, define los alcances y limitaciones del estudio y establece los objetivos.

Capítulo II: Marco Teórico, se incluye una revisión de antecedentes teóricos y las bases teóricas relacionadas con las carreteras y su diseño geométrico. También se definen términos básicos relevantes para la investigación.

Capítulo III: Metodología. El diseño metodológico empleado en la investigación fue aplicado, con un enfoque descriptivo y un diseño no experimental.

Capítulo IV: Resultados. Se examina el diseño geométrico de la carretera en términos de su diseño en planta, perfil y sección transversal, contrastándolo con las directrices del manual de diseño para carreteras sin pavimentar con tráfico reducido. Se lleva a cabo una evaluación global de los resultados y se profundiza en la discusión de los hallazgos.

Capítulo V: Discusión de Resultados. Se realiza el análisis comparativo entre los resultados propios de la investigación en relación con los antecedentes.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones. Se presenta las conclusiones y recomendaciones resultado de la investigación.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La carretera es una infraestructura de transporte fundamental para la humanidad, ya que facilita el flujo constante de vehículos en el tiempo y espacio. Esto demanda el cumplimiento de normativas de seguridad y la optimización del confort del usuario, lo que, a su vez, impulsa el progreso económico y social de una comunidad, región o nación.

La necesidad de comunicación e interconexión obligó a nuestros antepasados a construir carreteras que, con el pasar de los años, se fueron perfeccionando hasta establecer ciertos parámetros para poder brindar mejores vías de transporte a un costo razonable, generando de esta forma, mayor seguridad, calidad y comodidad en futuros proyectos. Fue necesario realizar una evaluación integral de la vía para implementar mejoras en los futuros proyectos de obras viales que se presentaran.

En el Perú, las características geométricas de las carreteras podían variar según las regiones y tipos de vías, debido a la diversidad geográfica y climatológica del país, enfrentando a nuestro país a problemáticas comunes y desafíos relacionados con lograr una infraestructura vial apropiada. Por ejemplo, se identificó que las carreteras presentaban deficiencias en sus características geométricas y visibilidad, donde las curvas tenían radios insuficientes y pendientes pronunciadas, aumentando así el riesgo de accidentes.

La carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario presentaba deficiencias con el alumbrado público debido a la baja claridad de luz. De igual forma, en el diseño de su alineamiento horizontal y vertical presentaba desperfectos que ocasionaban impresiones difusas y desviaban la atención del conductor. A su vez, las

principales intersecciones y accesos no estaban correctamente definidos, lo que representaba un gran riesgo para los pobladores. También carecía de indicadores de seguridad vial y de defensas laterales, lo cual podría ocasionar consecuencias lamentables para el usuario.

Si estas deficiencias detectadas no se abordaban de manera oportuna, la seguridad vial enfrentaría una grave amenaza y la probabilidad de accidentes se incrementaría significativamente. Esto se debía a la falta de atención a aspectos críticos, como la insuficiente visibilidad y condiciones geométricas desfavorables de las carreteras, lo que podría desencadenar una serie de consecuencias peligrosas para conductores y usuarios que transitaban por ellas.

A su vez, la escasa visibilidad, ya sea debido a una iluminación deficiente en tramos oscuros o a obstáculos que obstruyen la vista, aumentaba las posibilidades de que los conductores no percibieran a tiempo otros vehículos, peatones o posibles obstáculos en la vía. Esto podría generar colisiones por alcance o maniobras bruscas para evitar accidentes, contribuyendo a una mayor inestabilidad y caos en las carreteras, lo que se mejoraba con la instalación de señalización clara y altamente visible en puntos estratégicos, como cruces y curvas pronunciadas.

Además, las condiciones geométricas inadecuadas, como curvas pronunciadas sin señalización clara, intersecciones mal diseñadas o carriles estrechos, planteaban serios desafíos para los conductores, especialmente en situaciones de tráfico intenso o condiciones climáticas adversas. Estas situaciones podían provocar pérdida de control del vehículo, deslizamientos y, en última instancia, colisiones graves que ponían en riesgo la vida y la integridad física de los usuarios de la vía.

Para lograr una notable mejora en la seguridad y eficiencia de las carreteras, era esencial priorizar y ejecutar un correcto diseño geométrico en su planificación y construcción, abarcando aspectos fundamentales de la vía, como el trazado de curvas, el diseño de intersecciones y la configuración de pendientes. Jugaba un papel

determinante en la prevención de accidentes y en la optimización del flujo vehicular. Estas características geométricas bien ajustadas permitirían una conducción más fluida y predecible, minimizando el riesgo de accidentes asociados a curvas peligrosas o tramos con inclinaciones inadecuadas.

En base a lo expuesto, en esta investigación se propuso identificar las características geométricas de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario y evaluarlas comparativamente con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018, con la finalidad de presentar una propuesta de mejora a las deficiencias identificadas en la zona de estudio, buscando la seguridad vial y comodidad del usuario.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Las características geométricas de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018?

1.2.2 Problemas Específicos

¿El estado actual de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, ¿cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018?

¿Los criterios y controles básicos para el diseño de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, ¿cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018?

¿El diseño en planta, perfil, sección transversal de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario cumple con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar si las características geométricas de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018.

1.3.2 Objetivos Específicos

Evaluar si el estado actual de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018.

Evaluar si los criterios y controles básicos de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018.

Evaluar si el diseño en planta, perfil y sección transversal de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario cumplen con los parámetros de diseño establecidos por el DG-2018.

1.4 Justificación de la Investigación

1.4.1. Justificación teórica

Esta investigación, tiene una justificación teórica porque buscó crear conocimiento sobre el diseño geométrico de la carretera. Asimismo, esta investigación sirvió para crear un precedente para posteriores estudios, contribuyendo al avance del entendimiento en esta área. Además, incentivó la concientización sobre el diseño, construcción y ejecución de carreteras en el contexto nacional.

1.4.2. Justificación práctica

El estudio se justificó puesto que se ha buscado resolver un problema real en la zona al evaluar si el diseño geométrico de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario cumplía con los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras: DG-2018. A través de inspecciones y estudios básicos de la situación actual de la carretera, se proporcionaron

recomendaciones para las construcciones existentes y se buscaron prevenir errores comunes en futuras construcciones similares.

1.4.3. Justificación metodológica

Se justifica metodológicamente mediante la aplicación del método científico para evaluar las características geométricas de la carretera, de la zona de estudio, con la finalidad de obtener datos confiables y válidos a través de la observación y evaluación, de tal manera que los resultados pudieran servir como base para estudios relacionados.

1.4.4. Justificación social

La investigación se justificó socialmente al difundir los hallazgos entre la población que reside a lo largo de la carretera, informándoles sobre el estado actual y las posibles consecuencias de no seguir un diseño adecuado según los parámetros del DG-2018. Además, la investigación ayudó a reforzar la responsabilidad en el sector de la construcción de carreteras, especialmente en un contexto de crecimiento y desarrollo.

1.5 Delimitaciones del Estudio

1.5.1 Delimitación espacial

La investigación se realizó en la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, localizada en el distrito de Supe, de la provincia de Barranca, en el departamento de Lima. Geográficamente la zona de estudio está ubicada en las coordenadas UTM 8'804,729.63 N y 204,744.54 E en la zona 18L.

1.5.2 Delimitación social

El estudio abarcó las localidades colindantes, a lo largo de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario. Se tomó en cuenta a las comunidades locales como parte esencial del análisis.

1.5.3 Delimitación temporal

La investigación se desarrolló entre julio y septiembre del año 2023. Durante este lapso, se llevaron a cabo las actividades programadas para evaluar las características geométricas de la carretera.

1.5.4 Delimitación conceptual

La investigación se conceptualizó en evaluar las características geométricas de la carretera de la zona de estudio, con relación al Manual de Diseño de Carreteras (DG-2018). Se comprobó si se cumplían con los parámetros y restricciones establecidos en dicha normativa. Estas evaluaciones conceptuales fueron realizadas como parte esencial del estudio.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Cardenas (2018) en su tesis titulada: *Diagnóstico de la geometría de la autopista Norte entre la calle 81 t la diagonal 83 - Intersección calle 82 en la ciudad de Bogotá*, se presentó en la Universidad Militar Nueva Granada para obtener el título de Ingeniero Civil. En Colombia, el proceso de diseño de proyectos varía según la ubicación del proyecto en cuestión. En el caso de proyectos de carreteras en áreas rurales, se sigue el Manual de Diseño Geométrico 2008 del INVIAS como normativa vigente. Sin embargo, en proyectos urbanos, como el área de enfoque de este proyecto, se aplican los estándares definidos por la entidad competente. Según la "Guía para el diseño de vías urbanas en Bogotá", elaborado por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) – Bogotá, que establece criterios y parámetros específicos de diseño geométrico para las carreteras urbanas, con el objetivo principal de garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de estas vías. El proceso de diseño de una carretera según esta guía comienza con la identificación de su clasificación, que se basa en su función, el tipo de terreno donde se encuentra, sus características y longitud. Esta información sirve como base para determinar las velocidades de diseño y las características que guiarán la creación de la sección transversal de la vía. El proceso concluye con un ajuste integral de los diferentes parámetros de la carretera, incluyendo dimensionamiento de elementos como la velocidad y las secciones transversales.

Castillo y Amoroso (2019) en la tesis *Diseños definitivos de la vía comprendida desde el ingreso Ayancay hasta la comunidad de San Alfonso*, presentado en la Universidad de Ecuador con la finalidad de obtener la maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte, cuyo objetivo, fue mejorar la calidad de vida de los residentes de las comunidades desde Ayancay hasta San Alfonso mediante la mejora de la vía que conecta estas localidades. Esto facilitará el transporte de los productos agrícolas cultivados en los terrenos circundantes. Como parte de este esfuerzo, se implementó una superficie de rodadura para la carretera con el fin de reducir la generación de polvo. Para llevar a cabo este diseño, se realizaron actividades de topografía, diseño geométrico y diseño de pavimentos, cumpliendo con las normativas vigentes establecidas por

el MTOP-2003. La carretera en cuestión fue clasificada como una vía colectora de categoría III, diseñada para soportar un tráfico diario promedio esperado de entre 300 y 1000 vehículos. Respecto a la estructura de la superficie de rodadura, se optó por una configuración específica de capas. Esta configuración incluye 16 cm de subbase, 10 cm de base y una capa asfáltica superior de 10 cm de espesor. Además, se añadió un refuerzo de 6 cm en la capa asfáltica para mejorar la resistencia de la carretera. Se concluyó que el diseño de la vía proporciona seguridad estable a los usuarios. No obstante, existen tramos donde el acceso a los centros poblados es limitado, por lo que se recomienda un ordenamiento territorial para mejorar la accesibilidad.

Valencia D.(2021) en la tesis doctoral *Análisis diseño geométrico y estructura de pavimento de cuatro segmentos viales, para el mejoramiento de la movilidad localizados en la carrera 51d entre calle 38-06 sur hasta calle 38a-19 sur, barrio Muzú, localidad puente Aranda Bogotá*, se propuso abordar la optimización de la geometría y la estructura del pavimento en cuatro tramos viales específicos. El estudio se basó en las directrices proporcionadas por AASHTO y las especificaciones de diseño geométrico del IDU. Se utilizó información geográfica almacenada en los archivos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), para obtener las dimensiones actuales de las vías, se utilizó información, realizándose un análisis de tráfico centrado en la planificación del pavimento. Este análisis se llevó a cabo mediante observaciones directas en el campo para evaluar los niveles de servicio. Una vez recopilada y procesada esta información, se procedió al desarrollo del diseño y composición del pavimento, así como al análisis de los materiales pertinentes. Se emplearon herramientas de software especializado y se realizaron estudios de suelos conforme a las normativas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

Freire (2020) en la tesis *Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyo-Pinllopata en tramo km 20+000 - 24+000 perteneciente a los Cantores Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi*, realizado en la Universidad Técnica de Ambato en Ecuador, donde El punto de partida consistió en llevar a cabo un levantamiento topográfico real en la zona que fue objeto de estudio. Esto es esencial para obtener una comprensión precisa y detallada de las curvas de nivel y altitudes que serán consideradas en el diseño geométrico de la vía. En este proceso, se decidió utilizar un dron para capturar imágenes aéreas, las cuales fueron posteriormente procesadas para obtener imágenes georreferenciadas. Además de esto, las actividades de campo incluyeron la realización de un conteo de vehículos con el fin de determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), un valor crucial para categorizar y clasificar las diferentes tipologías viales según las directrices establecidas por la norma del MTOP. Los datos recolectados en el terreno fueron procesados en un entorno de oficina. Mediante la digitalización de la topografía, se propuso una alineación horizontal que incorpora elementos como sobreanchos y peraltes en

las curvas, cumpliendo con radios mínimos y velocidades de diseño. Una vez revisados y confirmados los valores de diseño para asegurar el cumplimiento de las normativas, es crucial que estos cumplan con los criterios establecidos. Esto es fundamental para calcular los volúmenes de corte y relleno, necesarios para estimar el presupuesto. Este presupuesto juega un papel crucial en la evaluación preliminar de la viabilidad del proyecto. Dado que se trata de un estudio de prefactibilidad, es recomendable realizar todos los análisis necesarios para obtener una comprensión integral. Esto ayudó a determinar la factibilidad técnica y financiera de la ejecución de la vía, abordando todos los aspectos relevantes para tomar una decisión informada.

González (2021) en su tesis *Análisis de la consistencia geométrica en el tramo de la carretera central comprendido entre las estaciones 90+6.34 y 90+9.34*, se presentó en la Universidad de Oriente en Cuba para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. El autor presenta los resultados de un análisis bibliográfico que permitió establecer métodos de análisis de consistencia y modelos para estimar la velocidad de operación según corresponda. La consistencia del diseño es crucial para la seguridad vial, por lo cual se realizó un análisis en un tramo específico de la carretera central, que abarca desde la estación 90+6.34 hasta 90+9.34. En esta fase posterior, mediante el procesamiento estadístico, se obtuvieron los valores de velocidad y perfil, seguido por la aplicación de los criterios para calcular los indicadores de consistencia. Como resultado, se determinó que la carretera presenta una consistencia regular según los criterios evaluados, pero no es ideal para el desplazamiento de vehículos debido a la velocidad de diseño.

2.1.2 Investigaciones Nacionales

Quiroz (2020) con su tesis *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*, presentada en la Pontificia Universidad Privada del Norte del Perú, para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, cuyo objetivo fue evaluar las características geométricas de la carretera en cuestión. En este sentido, se inició con su clasificación, que se basó en la Ley de Jerarquización Vial, resultando en su categorización como una Carretera Nacional 3N. En función de su topografía, se identificó como una carretera de tipo III, y en términos de demanda, se consideró como una carretera de segunda clase. La calzada presenta un ancho de 7,50 metros y un radio mínimo de 23 metros. Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes: En tramos rectos en relación a la longitud mínima "S", el 62% no cumple con los requisitos. En lo que respecta a la longitud mínima "O", el 100% de

los tramos no cumple con los criterios establecidos. En cuanto a los radios mínimos en curvas simples, el 72% de los casos no cumple con los estándares. Sin embargo, en el caso de las curvas de vuelta, se cumple con el radio mínimo en la totalidad de los casos (100%). En lo referente a las longitudes de las curvas verticales, se observa que en las curvas cóncavas el 71% cumple con los criterios establecidos, mientras que en las curvas convexas el 86% cumple. En cuanto a las pendientes, el 96% de las situaciones cumplen con las normativas. Sin embargo, en el caso del ancho de las bermas, solo el 14% cumple con los requisitos, mientras que el 86% no lo cumple. En términos de ancho de calzada, el 68% cumple con los parámetros definidos. Finalmente, en relación a los peraltes, el 100% de los casos cumple con los requisitos establecidos, recomendando mejorar y llegar a complementar con dispositivos de control que van a generar posteriormente una mejor seguridad vial.

Zárate y Fernández (2021) con su tesis *Evaluación geométrica de la carretera Andamarca-Las Juntas, de acuerdo al diseño geométrico de carreteras DG-2018, Callao*, presentado en la Universidad César Vallejo con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil. El enfoque de la investigación es de carácter aplicado, con un diseño no experimental y un enfoque cuantitativo. El objetivo de este estudio fue examinar las propiedades geométricas de la carretera en análisis. Se realizó una evaluación y comparación de las características geométricas obtenidas en cuanto a la planta, el perfil y la sección transversal. Los resultados revelan que, en la mayoría de estos aspectos, los valores obtenidos no se ajustan a los parámetros definidos en el manual correspondiente. Dado este panorama, se sugiere la implementación de sistemas de control que contribuyan a mejorar la seguridad vial en la zona.

Burgos (2021), con su tesis *Evaluación de las características geométricas actuales y propuesta de diseño geométrico de la carretera Llullapuquio-Chetilla, distrito de Chetilla, Cajamarca, 2019* presentado en la Universidad Nacional de Cajamarca; para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, realiza una evaluación comparativa de las propiedades geométricas de la carretera, que se caracteriza como una trocha y consta de 53 curvas horizontales y 32 verticales. Basándonos en su topografía, se clasificó de tipo III. Se realizó un levantamiento topográfico exhaustivo, se llevó a cabo un análisis en el terreno y se implementaron varios estudios básicos. Los resultados que se obtuvieron indican que las características geométricas cumplen con los parámetros de diseño geométrico en un 63%.

García (2016), con su tesis *Evaluación del diseño geométrico de la carretera Casma-Huaraz, tramo km 135+000 al km 145+600, aplicando el manual de diseño geométrico*, realizada en la Universidad Alas Peruanas para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, la finalidad de la investigación fue de evaluar la carretera Casma - Huaraz, tramo km

135+000 - km 145+600; permitiendo una investigación descriptiva sobre el estado o situación actual de la carretera.

Davila (2021), con su tesis *Evaluación de la influencia del diseño geométrico en accidentes de carretera en los sectores de la Sullanera-Las Minas-Cruz Blanca- Provincia de Huancabamba-Departamento de Piura*, realizada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil. Tiene como finalidad evaluar la carretera en base al dg-2018 ya que esta carretera cuenta con accidentes muy constantes hasta la pérdida de vidas humanas. Se llevaron a cabo estudios de tráfico y topográficos, seguidos por la verificación del cumplimiento de los diversos parámetros de diseño.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Estado de carreteras

2.2.1.1 Ubicación

La ubicación de una carretera se refiere al proceso de planificación y selección de la ruta específica por la cual se construirá la vía. Este proceso implica evaluar y considerar diversos factores, como la topografía del terreno, las condiciones del suelo, la presencia de cuerpos de agua, la accesibilidad a áreas importantes, el impacto ambiental y las regulaciones locales. El objetivo es determinar la mejor ubicación que garantice la eficiencia, seguridad y viabilidad económica del proyecto, minimizando impactos negativos en el entorno y maximizando los beneficios para la comunidad y la infraestructura vial.

2.2.1.2 Clima

La evaluación del clima de una carretera es fundamental para el diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura vial. Las características climáticas tienen un impacto directo en la durabilidad de la carretera, la seguridad del tráfico y la planificación de medidas de mitigación para eventos climáticos extremos. Por ejemplo, en áreas con inviernos rigurosos, es necesario tomar precauciones especiales para evitar la formación de hielo en la carretera, mientras que en regiones con fuertes precipitaciones, es crucial implementar sistemas de drenaje efectivos.

2.2.1.3 Topografía

Un levantamiento topográfico ofrece datos detallados acerca de la configuración del terreno, permitiendo a los ingenieros de carreteras tomar decisiones fundamentadas sobre la ubicación de la vía, la disposición de las curvas, la necesidad de terraplenes o excavaciones, y otros aspectos relacionados con el relieve del terreno.

2.2.1.4 Clasificación de la carretera

Se refiere a la categorización o jerarquía que se asigna a una vía de acuerdo con su función, capacidad, diseño y uso previsto. Esta clasificación ayuda a organizar y gestionar la red de carreteras de manera eficiente, considerando las necesidades de movilidad y la importancia relativa de cada vía en el sistema de transporte.

La categorización es fundamental para la planificación del transporte, la asignación de recursos y la implementación de políticas viales adecuadas. Además, la clasificación de una carretera puede influir en los estándares de diseño, velocidad permitida y mantenimiento requerido para cada tipo de vía.

2.2.2. Criterios y controles básicos para el diseño

2.2.2.1 Vehículo de diseño

Se hace referencia al vehículo estándar empleado como referencia para definir las características geométricas de la carretera. Los ingenieros de carreteras frecuentemente utilizan vehículos de diseño estándar con dimensiones y características específicas para establecer los parámetros de diseño, tales como el ancho de los carriles, la altura libre vertical en puentes y la configuración de las curvas.

2.2.2.2 Estudio de tráfico

Es una evaluación sistemática y técnica de las condiciones y patrones de circulación de vehículos, peatones y otros elementos en una determinada área o sistema de transporte. Este tipo de estudio es fundamental para comprender y planificar la infraestructura vial de manera eficiente.

2.2.2.3 Velocidad de diseño

Se refiere a la velocidad para la cual una determinada vía ha sido planificada y diseñada. Es una velocidad específica que se elige durante el proceso de diseño geométrico para garantizar la seguridad, eficiencia y comodidad del tráfico en esa carretera en particular.

La velocidad de diseño no siempre coincide con los límites de velocidad establecidos por las autoridades de tránsito. Más bien, representa la velocidad para la cual se optimizan los elementos geométricos de la carretera, como el radio de las curvas, el ancho de los carriles y otras características, para lograr un funcionamiento seguro y eficiente de la vía.

2.2.2.3 Distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad en una carretera se refiere a la longitud necesaria de la vía que debe estar visible y despejada para que los conductores puedan detectar y responder a obstáculos, cambios en la geometría de la carretera o la presencia de otros vehículos. Esta distancia es fundamental para asegurar la seguridad vial y reducir el riesgo de accidentes.

Existen varios tipos de distancias de visibilidad, y cada una se utiliza para abordar situaciones específicas:

1. Distancia de Visibilidad de Parada (DVP): Es la distancia necesaria para que un conductor detenga su vehículo en caso de detectar un obstáculo u otro vehículo en la carretera. Se refiere al espacio requerido para detener el vehículo de manera segura antes de colisionar con el objeto que obstruye la vía.

2. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (DVA): Es la amplitud de carretera necesaria para que un conductor pueda adelantar a otro vehículo de manera segura. Esta distancia permite al conductor que se aproxima verificar que no hay tráfico en sentido contrario durante la maniobra de adelantamiento.

3. Distancia de Visibilidad de Intersección (DVI): Es el alcance de carretera visible desde una intersección, asegurando que los conductores tengan tiempo suficiente para evaluar el tráfico en la vía principal antes de incorporarse.

4. Distancia de Visibilidad de Curvas (DVC): Se refiere a la longitud de carretera visible en una curva, permitiendo que los conductores vean el tramo de la carretera y cualquier vehículo que pueda estar viniendo en sentido contrario.

El diseño adecuado de la distancia de visibilidad es esencial para reducir los riesgos en la carretera y garantizar un entorno vial seguro y eficiente. Los ingenieros de carreteras consideran la topografía, la velocidad de diseño y otros factores al determinar las distancias de visibilidad en el diseño geométrico de carreteras.

2.2.3. Carreteras

“Las carreteras son infraestructuras viales que se consideran como un ajuste de una franja sobre el terreno, que satisface los requisitos de alineación, anchura, inclinaciones, entre otros factores o parámetros que puedan influir.” (*MTC-DG*, 2018)

2.2.3.1 Clasificación de Carreteras según MTC

Existen dos tipos de clasificación de carreteras en el Perú (Una clasificación referente a su demanda y la otra clasificación en función a su orografía). (*MTC-DG*, 2018)

2.2.3.2 Clasificación Por Demanda

Este tipo de clasificación se basa en la demanda o tránsito vehicular, el conteo del tránsito será fundamental para poder determinar el IMDA (Índice Medio Diario Anual), que son estadísticas para el análisis previo para los diseños posteriores.

Tabla 1

Clasificación por Demanda según IMDA

TIPO	CARACTERÍSTICA
Autopistas de Primera Clase	$IMDA > 6000$ veh/día
Autopistas de Segunda Clase	$4001 \leq IMDA \leq 6000$ veh/día
Carreteras de Primera Clase	$2001 \leq IMDA \leq 4000$ veh/día
Carreteras de Segunda Clase	$400 \leq IMDA \leq 2000$ veh/día
Carreteras de Tercera Clase	$IMDA < 400$ veh/día
Trochas Carrozables	$IMDA < 200$ veh/día

Nota: Tomado de *MTC-DG* (2018)

2.2.3.3 Clasificación Por Orografía

Esta clasificación se basa en las características del terreno, interviene el grado de inclinación del terreno respecto a un plano horizontal conocido como la pendiente, lo cual esta expresado en porcentaje.

Tabla 2

Clasificación por Orografía según la pendiente

TIPO	CARACTERÍSTICA
Terreno Plano (TIPO 1)	Pendiente Transversal entre 0 y 10%
Terreno Ondulado (TIPO 2)	Pendiente Transversal entre 11 y 50%
Terreno Accidentado (TIPO 3)	Pendiente Transversal entre 51 y 100%
Terreno Escarpado (TIPO 4)	Pendiente Transversal > 100%

Nota: Tomado de *MTC-DG* (2018)

2.2.4. Diseño Geométrico

En el diseño geométrico de carreteras, se requiere asegurar que las condiciones físicas de la vía deben corresponderse con las características operativas de los vehículos, aplicando principios matemáticos, físicos y geométricos. La geometría de una carretera se define por la disposición de su eje en planta y perfil, junto con la estructura de su sección transversal. (*MTC-DG*, 2018)

Un diseño vial efectivo se adapta a diversos tipos de vías y condiciones geométricas, considerando además el volumen y las características del tráfico, lo que garantiza una movilidad adecuada y una velocidad de operación apropiada. En todos los proyectos de carreteras, la seguridad debe ser una prioridad fundamental, y debe ser considerada en todas las etapas del diseño, sin importar lo pequeñas que sean. (*MTC-DG*, 2018)

Para garantizar la comodidad de la carretera, se deben reducir las aceleraciones y variaciones de los vehículos, lo cual implica modificar las curvas y transiciones geométricas de acuerdo con las velocidades de operación. Además, el diseño geométrico debe asegurar que la vía sea visualmente atractiva para los conductores, proporcionando un recorrido sencillo y confortable. Igualmente, el diseño económico tiene como objetivo lograr el costo más bajo posible una vez cumplidos los demás objetivos establecidos. (*MTC-DG*, 2018)

El diseño de la carretera debe también armonizar con su entorno, ajustándose a la topografía natural y tratando de reducir al mínimo los impactos ambientales. De esta manera, se logra una carretera operativa, segura, visualmente atractiva, económicamente eficiente y

respetuosa con el medio ambiente, ofreciendo a los usuarios una experiencia de conducción positiva y satisfactoria. (MTC-DG, 2018)

2.2.4.1 Criterios para el Diseño Geométrico

El manual "Diseño geométrico de carreteras" es una normativa que busca definir los procedimientos para organizar y estandarizar el diseño de infraestructuras viales, además de ofrecer directrices detalladas para la creación de proyectos geométricos. Entre estas normas, se pueden establecer los siguientes criterios y estándares.(MTC-DG, 2018)

2.2.4.1 Diseño Geométrico en Planta

“El diseño geométrico en planta, conocido también como alineamiento horizontal, abarca la disposición de líneas rectas y curvas, incluyendo tanto curvas circulares como de transición, que permiten una transición suave entre tramos rectos y curvas circulares, y viceversa” (MTC-DG, 2018)

2.2.4.2 Consideraciones para el diseño en Planta

Es considerable evitar tramos con alineamientos rectos excesivamente largos, ya que durante la noche pueden causar problemas de deslumbramiento debido a las luces de los vehículos que se aproximan en dirección opuesta. (MTC-DG, 2018)

“No será necesario incorporar una curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. A continuación, se presentan los ángulos de inflexión máximos para los cuales se puede omitir la curva horizontal” (MTC-DG, 2018)

Tabla 3

Ángulos deflexión máxima según velocidad de Diseño

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'
70	1° 20'
80	1° 10'

Nota: Tomado de MTC-DG (2018)

No se requerirá una curva horizontal para ángulos de deflexión pequeños.

Cuando se trata de desviaciones angulares pequeñas, es necesario garantizar que las curvas tengan una extensión adecuada para evitar una apariencia estéticamente desfavorable. Por esta razón, se define una longitud mínima de 150 metros para una curva con un ángulo central de 5 grados. En caso de que el ángulo central sea menor, se incrementa la longitud mínima en 30 metros por cada grado de disminución en el ángulo. (MTC-DG, 2018)

Para las vías primarias, “la longitud mínima requerida para las curvas horizontales ($L_c \text{ min}$) debe ser aproximadamente tres veces la velocidad de diseño en kilómetros por hora, lo cual se puede formular como $L_c \text{ min} = 3V$ ” (MTC-DG, 2018)

En el caso de iniciativas de infraestructuras de alta velocidad y acceso restringido, que cuentan con curvaturas más gradualmente definidas, y teniendo en cuenta factores estéticos, se sugiere una extensión mínima para las curvas que sea dos veces la longitud mínima previamente indicada, es decir, $L_c \text{ rec} = 6V$. (MTC-DG, 2018)

Es importante tener en cuenta que se prefiere evitar la construcción de curvas horizontales con longitudes superiores a 800 metros. Esta limitación tiene como finalidad garantizar la seguridad y comodidad de los vehículos en circulación, además de mantener una apariencia visual apropiada en las carreteras. (MTC-DG, 2018)

2.2.4.3 Velocidad de diseño

Hace referencia a la velocidad máxima a la que los vehículos pueden circular de manera segura, considerando condiciones óptimas de tráfico y clima, así como las características específicas del diseño geométrico de la carretera. (MTC-DG, 2018)

Cuando se establece la velocidad de diseño, la seguridad de los usuarios en la carretera es la principal preocupación. Por ende, se procura prevenir alteraciones abruptas o repetitivas en los límites de velocidad permitidos para asegurar un tránsito seguro. (MTC-DG, 2018)

El diseñador debe identificar secciones uniformes a lo largo de la carretera que presenten características similares en cuanto a topografía, y asignarles una velocidad de diseño constante. Esta velocidad, aplicada a la sección homogénea, sirve como base para establecer las propiedades de los elementos geométricos que conforman dicha sección. (MTC-DG, 2018)

Para identificar y determinar la velocidad de diseño de las secciones homogéneas, es esencial considerar los siguientes criterios:

La longitud mínima requerida para un tramo de carretera varía según la velocidad de diseño seleccionada: “tres (3,0) kilómetros para velocidades que oscilan entre veinte y cincuenta

kilómetros por hora (20 a 50 km/h), y de cuatro (4,0) kilómetros para velocidades que van de sesenta a ciento veinte kilómetros por hora (60 a 120 km/h)”. (*MTC, DG-2018*).

La diferencia permitida en la velocidad de diseño entre tramos adyacentes no debe superar los veinte kilómetros por hora (20 km/h). No obstante, si un cambio abrupto en la topografía obliga a una sección con una longitud menor a la especificada, la variación en la velocidad de diseño en comparación con los tramos adyacentes no debe exceder los diez kilómetros por hora (10 km/h). (*MTC-DG, 2018*)

2.2.4.4 Curvas circulares

“Las curvas circulares son porciones de la vía que conectan dos segmentos rectos sucesivos y constituyen la proyección horizontal de las curvas tridimensionales auténticas. Es crucial emplear estas curvas circulares tal como están, sin alteraciones” (*MTC-DG, 2018*)

2.2.4.5 Curvas de transición

Adicionalmente, las curvas de transición son curvas en forma de espiral que han sido concebidas con el objetivo de suavizar las transiciones entre curvas. Su finalidad radica en ofrecer condiciones idénticas en términos de seguridad, confort y estética comparadas con los otros componentes del trazado. Estas curvas de transición se emplean para facilitar el paso desde una sección con inclinación en la superficie de la carretera hacia una parte con curvatura, peralte y ancho adicionales. (*MTC-DG, 2018*).

2.2.4.6 Distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad es el tramo continuo de carretera que el conductor puede ver directamente hacia adelante. Esta medida es crucial para permitir al conductor realizar de manera segura las maniobras necesarias o elegidas durante el viaje.

En el diseño de carreteras, se distinguen tres tipos de distancias de visibilidad: (*MTC-DG, 2018*)

1. Distancia de visibilidad para detención: Distancia necesaria para que un conductor pueda detener su vehículo de manera segura ante situaciones imprevistas o emergencias en la carretera.
2. Distancia de visibilidad para adelantamiento: Distancia que un conductor necesita para efectuar un adelantamiento seguro de otro vehículo en la carretera.

3. Distancia de visibilidad para cruce con otra vía: Indica la distancia requerida para que un conductor pueda atravesar una intersección o incorporarse a otra vía sin poner en riesgo la seguridad del tráfico.

Las dos primeras distancias influyen en la planificación de la carretera en tramos sin obstáculos y se abordan en esta sección, tomando en cuenta alineamientos rectos y pendientes uniformes. Los casos que presenten condiciones particulares vinculadas a elementos específicos de la vía serán tratados en las secciones correspondientes del proyecto. (MTC-DG, 2018)

2.2.4.7 Distancia de visibilidad en parada

Es la longitud mínima necesaria para que un vehículo, viajando a la velocidad de diseño establecida, pueda detenerse antes de llegar a un objeto estático en su trayectoria. (MTC-DG, 2018)

Para superficies de pavimento mojado, esta distancia se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Dp = 0.278 * V * tp + 0.039 * V^2 / a$$

Donde:

Dp: Distancia de parada (metros)

V: Velocidad de diseño (kilómetros por hora)

tp: Tiempo de percepción + reacción (segundos)

a: Deceleración en metros por segundo cuadrado

El primer término de la ecuación refleja la distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción del conductor (dtp), mientras que el segundo término muestra la distancia recorrida durante el frenado hasta detenerse por completo (df). (MTC-DG, 2018)

El tiempo de reacción al frenar es el período que pasa desde que el conductor percibe un objeto o riesgo en la vía hasta que acciona los frenos. "Se aconseja que este tiempo de reacción sea de entre 2 y 3 segundos, y se recomienda emplear un promedio de 2.5 segundos para los cálculos". (MTC-DG, 2018)

Tabla 4

Distancia de visibilidad de Parada según la Velocidad de Diseño

Velocidad de diseño (km/hr)	Distancia de percepción reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35

40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Nota: Tomado de *MTC-DG*(2018)

2.2.5. Diseño Geométrico en Perfil

“El diseño en perfil de una carretera aborda diversos factores asociados con las pendientes y las curvas verticales que deben tenerse en cuenta”. (*MTC-DG*, 2018)

2.2.5.1. Pendiente mínima

En relación con la inclinación más baja, es aconsejable fijar una pendiente aproximada del 0.5% en la superficie de rodaje para garantizar una correcta evacuación del agua en la totalidad de la carretera. En determinadas situaciones, la carretera podría presentar una pendiente más pronunciada, como un gradiente de 2% o incluso superior, llegando a un 2.5%. (*MTC-DG*, 2018)

2.2.5.2. Pendiente máxima

Resulta fundamental considerar la inclinación máxima de acuerdo a las características específicas del terreno. En zonas que superan los 3000 metros sobre el nivel del mar, los límites máximos indicados deberán reducirse en 1% en caso de topografía accidentada o empinada. No obstante, en las pendientes descendentes, se permite que excedan hasta en un 2% los valores máximos establecidos. (*MTC-DG*, 2018)

Figura 1

Esquema de Cálculo de pendiente máxima

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4.001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h																9.00	8.00	9.00	10.00	
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

(MTC-DG, 2018)

2.2.5.3. Curvas verticales

Para las curvas verticales, se recomienda emplear curvas parabólicas para conectar tramos con pendientes continuas cuando la diferencia entre sus inclinaciones supere el 1% en vías pavimentadas, y el 2% en otros casos. "Estas curvas parabólicas en altura se definen por el factor de curvatura K, el cual representa la longitud de la curva en el plano horizontal, expresada en metros, por cada variación del 1% en la pendiente". (MTC-DG, 2018).

2.2.6 Diseño Geométrico de secciones transversales

2.2.6.1. Secciones transversales:

La configuración transversal de una carretera en un punto determinado ilustra los elementos de la vía en un plano vertical perpendicular al trazado horizontal. Esta representación permite identificar la disposición y las dimensiones de los distintos componentes de la carretera. Las secciones transversales abarcan carriles, superficie de rodadura, márgenes, áreas de drenaje, taludes y otros elementos adicionales. (MTC-DG, 2018)

2.2.6.2. Ancho de berma:

La berma es una franja contigua y paralela a la calzada o área de rodaje de una carretera, destinada principalmente a definir el límite de la superficie de rodadura y ofrecer un espacio para estacionar vehículos en caso de emergencia. Usualmente, la berma se mantiene al mismo nivel y con la misma inclinación que la calzada, y el material de su construcción es comparable al de la capa de rodadura de la carretera. En autopistas, cada calzada dispone de bermas tanto interiores como exteriores, siendo las interiores más estrechas. En carreteras de un solo carril, las bermas tienen dimensiones similares.

Además de su función en la seguridad y delimitación, “las bermas ayudan a mejorar las condiciones del tráfico y cumplen otras funciones, como proteger el pavimento y sus capas inferiores, permitir paradas ocasionales y servir como un área segura para maniobras de emergencia”. (MTC-DG, 2018)

Figura 2

Esquema de Anchos de Berma

Clasificación	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 – 4.001				4.000 – 2.001				2.000 – 400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.50	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

(MTC-DG, 2018)

2.2.6.3. Bombeo:

La pendiente transversal mínima, o bombeo, es fundamental en carreteras rectas o en curvas con contraperalte, ya que su principal función es permitir el drenaje adecuado de las aguas superficiales. La cantidad de bombeo necesaria varía en función del tipo de pavimento y las precipitaciones en la zona. Los valores específicos de bombeo para la calzada se presentan en una tabla adjunta. En casos donde se proporcionan rangos, será responsabilidad del diseñador establecer el nivel de bombeo adecuado, teniendo en cuenta tanto el tipo de superficie de la carretera como las condiciones climáticas locales. (Martinez, 2017)

Tabla 5

Cálculo del bombeo Según la superficie y Precipitación

Tipo de superficie	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto portland	2	2.5
Tratamiento superficial Afirmado	2.5 3.0 - 3.5	2.5-3 3.0 - 4.0

(MTC-DG, 2018)

2.2.6.4. Taludes:

Los taludes son las pendientes planificadas para los laterales del terreno circundante de la carretera en zonas de excavación y en terraplenes. La inclinación se describe como la tangente del ángulo que se forma entre el plano de la superficie del terreno y una línea horizontal imaginaria. “En las áreas de excavación, las inclinaciones cambian de acuerdo con las características geomecánicas del suelo y se determinan a partir de un análisis de mecánica de suelos, además de tener en cuenta las condiciones de drenaje en la superficie y el subsuelo” (Alvarado, 2017)

Tabla 6

Altura de Corte según el tipo de material

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
< 5 m	1:1	1:6 - 1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
5-10 m	1:1	1:4 - 1:2	1:1	1:1	*
> 10 m	1:1	01:02	*	*	*

Nota: Tomado de MTC-DG (2018)

2.3 Bases filosóficas

Los expertos tienen diversas motivaciones para ofrecer soluciones con el fin de impactar positivamente en la sociedad. Abordan una variedad de cuestiones, que incluyen la regulación y disminución de la polución en el aire, tierra y fuentes de agua. Además, se dedican al examen, diseño y edificación de la infraestructura esencial para satisfacer múltiples requerimientos de

la comunidad. Asimismo, se les encomienda la tarea de corregir y sustituir estructuras de infraestructura en mal estado u obsoletas, elaborar estrategias de transporte para entornos urbanos y contribuir a reducir y gestionar los efectos destructivos que resultan de inundaciones, tormentas y terremotos. (Cubillos, 2011)

A lo largo de la historia, la humanidad ha presenciado estos eventos naturales, por lo tanto, es esencial concentrarse en ampliar los esfuerzos para elevar el bienestar y la seguridad de las personas a través de la implementación de sus competencias y destrezas en diversas facetas del ámbito constructivo. (Cubillos, 2011)

2.4 Definición de términos básicos

Manual de diseño geométrico de carreteras. “Es un conjunto de directrices reglamentarias que tienen como propósito reunir las metodologías y estructurar los procesos relativos al diseño de una infraestructura vial, estableciendo los parámetros específicos adecuados”. (Cárdenas Grisales, 2013)

Diseño Geométrico en Planta. La planificación y diseño de una vía, también llamado trazado horizontal, consiste en una representación gráfica de su recorrido sobre un plano horizontal. Este camino corresponde al eje real o espacial de la vía y está formado por una serie de tramos rectos llamados tangentes. Estos tramos están conectados por curvas para que el sentido de la carretera se pueda cambiar de forma suave y gradual (Cárdenas Grisales, 2013)

Diseño Geométrico en Perfil. -El diseño geométrico vertical de una vía, conocido como trazado de curvas de nivel, consiste en representar el eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical que permanece paralela a dicho eje. Al hacer esto, la proyección mostrará con precisión la longitud real de la línea central de la carretera. Esta representación también se denomina nivel de la carretera o base de la carretera. En resumen, este proceso consiste en visualizar con precisión el perfil longitudinal de la carretera, representando su forma e inclinación en un plano vertical.(Cárdenas Grisales, 2013)

Diseño Geométrico en Sección Transversal. - El trazado horizontal de la vía consiste en determinar la ubicación y dimensiones de los elementos que componen la vía y su relación con la topografía del terreno en cada punto del tramo perpendicular al trazado horizontal. (Cárdenas Grisales, 2013)

Topografía. - La topografía engloba un extenso ámbito que se enfoca en un examen detallado de la superficie del suelo. Dicho análisis comprende la observación y exploración de

las fluctuaciones del terreno, que abarcan desde elevaciones montañosas hasta depresiones valles, así como las características distintivas de cursos de agua y vías de tránsito como carreteras. (Cárdenas Grisales, 2013)

Calzada. - Se refiere al área de la carretera destinada al tránsito de vehículos y compuesta por uno o varios carriles, excluyendo las orillas. Estos carriles están diseñados para facilitar el desplazamiento de los vehículos en una dirección específica y se organizan en filas ordenadas. (MTC-DG, 2018)

Berma. - Un área paralela y adyacente a la calzada o superficie de la carretera, cuyo propósito es determinar y mantener la integridad del pavimento y servir como lugar seguro para los vehículos estacionados en caso de emergencia.. (MTC-DG, 2018)

Pendiente. - La pendiente es una medida que señala la inclinación del suelo. (MTC-DG, 2018)

Bombeo. - Inclinación lateral en los tramos horizontales de la vía, destinada a permitir el desagüe superficial del agua.

Peralte. - Inclinación aplicada al perfil transversal de una carretera en las curvas horizontales, con el propósito de compensar la fuerza centrífuga que afecta a un vehículo en movimiento.

Talud. - Pendiente aplicada al terreno para que se mantenga estable mediante el apoyo entre las diferentes áreas.

Sobreancho. - Incremento adicional de la superficie de la calzada en las curvas, con el fin de compensar el mayor espacio necesario para el tránsito de los vehículos.

Transición. - Secciones de la vía que conectan dos carreteras con características técnicas distintas y que permiten la transición de una a otra.

Curva. - Las curvas en una carretera tienen forma circular o corresponden a segmentos de circunferencia. A medida que el radio aumenta, los vehículos pueden alcanzar mayores velocidades al atravesarlas.

Curva horizontal.- Se trata de una sección de la carretera que enlaza dos segmentos rectos utilizando un arco circular o una curva de transición, como una espiral. Su configuración está influenciada por factores como la velocidad de diseño, la inclinación y las condiciones del terreno.

Asfalto. - Material natural que comenzó a emplearse en la antigua Mesopotamia como recurso para la construcción. Según textos como el Antiguo Testamento, se utilizaba por sus propiedades impermeabilizantes para sellar embarcaciones.

Radio mínimo de curvatura.- Se refiere al menor radio que puede aplicarse en una curva horizontal, establecido en función de la velocidad de diseño y elementos adicionales como la fricción del pavimento y la inclinación de la vía. Un radio correctamente calculado asegura la seguridad del tránsito.

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1 Hipótesis general

No se hicieron suposiciones con respecto al aspecto de investigación de este proyecto ya que fue un estudio descriptivo. (Argimon Pallás, 2013)

2.6 Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Características geométricas de la carretera.	“Un componente físico y dimensional que determina su diseño y disposición en el terreno, con el fin de facilitar el movimiento ininterrumpido de vehículos, asegurando una adecuada seguridad y confort”(MTC-DG, 2018)	Se determina mediante el informe de situación actual de la zona de estudio donde se realizará una evaluación de las características geométricas de dicha carretera.	1.1 Estado Actual de la carretera	1.1.1 Ubicación
				1.1.2 Clima
				1.1.3 Topografía
				1.1.4 Clasificación de la carretera
			1.2 Criterios y controles básicos para el diseño	2.1.1 Vehículo de Diseño
				2.1.2 Estudio de tráfico
				2.1.3 Velocidad de Diseño
				2.1.4 Distancia de Visibilidad
			1.3 Evaluación de las Características geométricas de diseño.	1.3.1 Diseño geométrico en Planta
				1.3.2 Diseño geométrico en Perfil
1.3.3 Diseño geométrico en Sección Transversal				

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que se buscó “resolver una situación problemática de la realidad dentro de un espacio específico” (Romero, 2013, p. 254).

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo, ya que se procuró proporcionar una descripción detallada del tramo de la carretera que estaba siendo evaluado con el propósito de obtener y analizar sus parámetros actuales (Hernández Sampieri ét al, 2006, p. 205).

3.1.3 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es no experimental, dado que, “no implicó la manipulación de variables” (Hernández Sampieri ét al, 2006, p. 205), y de enfoque cuantitativo “ya que se basó en magnitudes, observación y análisis estadísticos”. (Ñapuas Paitán ét al, 2014, p. 97).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población corresponde a todos los tramos de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, ubicada a lo largo del valle Purcamana en el distrito de Supe, provincia de Barranca, departamento de Lima.

3.2.2 Muestra

La muestra está conformada por los tramos de estudio (tramos tangentes, curvas) de la Vía de estudio, ubicado en Supe km 0+000 (Punto de inicio) hasta km 2+000 (Punto final), de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, ubicada a lo largo del valle Purcamana

3.3 Técnicas de recolección de datos

Los datos fueron recopilados mediante la inspección directa de la carretera, utilizando observación in situ, toma de notas en campo y levantamiento topográfico a través de una estación total (Leica TS07), debidamente certificada y calibrada hasta la fecha de la investigación, considerando las especificaciones que exige la reglamentación vigente.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Se utilizó software de ingeniería como Civil 3D y Excel a modo de prueba, para procesar información adecuadamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Estado Actual de la carretera

4.1.1. Ubicación

1. Ubicación política

El área de investigación se ubica en:

Sectores: Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario

Distrito: Supe

Provincia: Barranca

Departamento: Lima

(ver anexo 1 y 2)

2. Ubicación geográfica

Tabla 7

Ubicación Coordenadas UTM WGS-84

Punto de Inicio	Punto Final
Supe km 0+ 000	km 2+ 000
E: 204744.560	E: 206596.266
N:8804729.611	N: 8805887.6092
Cota: 49.00	Cota: 51.12

Nota: Elaboración Propia

4.1.2. Clima

En el contexto actual, se distinguen dos estaciones climáticas: una húmeda que abarca de mayo a septiembre, y otra seca que comprende de noviembre a marzo. Además, existen dos períodos de transición, de septiembre a octubre y de abril a mayo.

Para el análisis de variables meteorológicas, se emplean datos de las estaciones pluviométricas Ámbar y Supe, siendo la primera que cuenta con mayor cantidad de registros de precipitación. Estas estaciones se ubican en la Cuenca del Río Supe y presentan climas similares a la zona de estudio, además de encontrarse a altitudes comparables.

Las precipitaciones son más frecuentes entre los meses de diciembre y abril, siendo escasas en el resto del año. Esto se traduce en dos períodos distintos: uno de crecidas, de diciembre a marzo, y otro de sequía, de abril a noviembre, con sus respectivos períodos de transición.

4.1.3. Topografía

Se inició con la inspección sobre el terreno antes de proceder al levantamiento topográfico utilizando la estación total Leica TS07, la cual está certificada y calibrada hasta la fecha actual.

En el levantamiento se consideraron diversos puntos a lo largo de la vía (Eje, Calzada, Cuneta, Taludes, alcantarillas y baden), en rectas tangentes a una distancia promedio cada 20m y en tramos de curva cada 10 m para mejor precisión.

El área de desarrollo del proyecto exhibe una topografía ondulada, suavemente accidentada y parcialmente plana, con pendientes mínimas que oscilan entre el 0.5% y el 5%. Estos caminos están compuestos principalmente de tierra y arena y se encuentran en buen estado y tienen una superficie plana ya que forman parte del área urbana de la ciudad. Además, a lo largo de la carretera se encuentran principalmente suelos limosos con un alto contenido de arena. La evaluación de campo se observan en los planos topográficos de diseño donde se aprecian las pendientes del terreno. (ver anexo 3 y 4).

4.1.4. Clasificación de la Carretera

1. Por Su Demanda

De acuerdo con la normativa actual, el índice medio diario (IMD) es de 417 veh./día lo cual clasifica como una vía de segunda clase, según el análisis de los volúmenes de tráfico diarios realizados.

Tabla 7.1

Esquema de Flujo vehicular diario a lo largo de la semana

dia	Vehículo Ligero					Vehículo Pesado								Total	
	Vehículo menor	Station wagon	Camioneta rural	Combi	Micro bus	CAMION			SEMITRAILER				Trailers		
						2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	2T2	2T3	3T2		>= 3T3
L	140	93	82	80	20	14	8	8	2	16	4	2	2	-	471
M	176	103	105	101	19	14	10	7	11	16	3	4	2	-	571
MI	127	114	96	81	12	14	11	7	1	12	2	4	2	-	483
J	87	79	82	67	20	13	6	3	-	9	2	-	2	-	370
V	110	93	76	80	17	14	10	7	1	12	2	2	-	-	424
S	164	90	98	84	20	14	9	7	4	15	7	3	1	-	516
D	35	25	18	-	-	2	-	2	-	-	2	1	1	-	86
IMD	120	85	80	70	15	12	8	6	3	11	3	2	1	-	417
	85.11%					14.89%									

Fuente: Elaboración propia

2. Por Su Orografía

Con Base en el levantamiento topográfico realizado en la zona y el plano de curvas de nivel generado, se determinó que el terreno es ondulado, ya que exhibe pendientes transversales que varían entre el 11-50%, además de presentar pendientes longitudinales que oscilan entre el 3-6%.

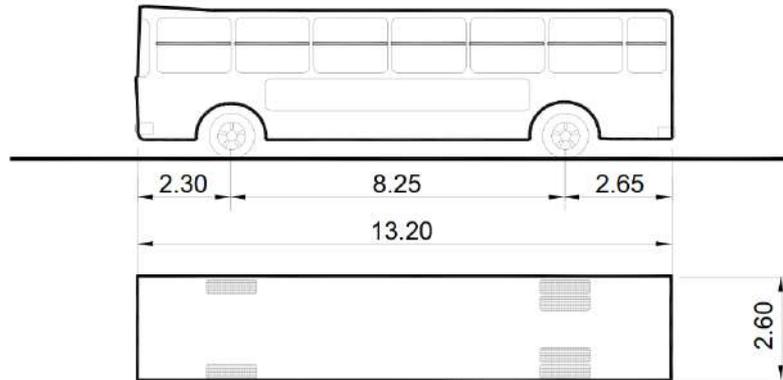
4.2. Criterios y controles básicos de la carretera

4.2.1. Vehículo de diseño

A la hora de elegir un vehículo para nuestro diseño, se tuvo en cuenta el tráfico que transita por la vía. Dado que suele haber una presencia significativa de vehículos de carga que pueden afectar en las especificaciones del proyecto, se optó por seleccionar el vehículo de diseño B2.

Figura 4

Vehículo de diseño



Nota: Tomado de *MTC-DG* (2018)

Las Especificaciones son las siguientes:

- Designación: B2
- Ancho: 2.60 m
- Longitud : 13.20 m
- Distancia entre ruedas: 8.25m
- Radio Max. Exterior Vehículo (Según el DG-2018)
- Radio Min. Interior Rueda (Según el DG-2018)

Tabla 8

Ángulo máximo de dirección

Ángulo trayectoria	R max Exterior vehículo (E)	R max Exterior vehículo (E)	Ángulo Máximo dirección
30°	13.76 m	10.17 m	20.2°
60°	14.09 m	8.68 m	30.0°
90°	14.24 m	7.96 m	34.9°
120°	14.31 m	7.59 m	37.4°
150°	14.35 m	7.40 m	38.7°
180°	14.37 m	7.30 m	39.3°

Fuente (MTC, 2018), pág. 42

4.2.2. Estudio de tráfico

Se realizó un registro de vehículos durante una semana completa, abarcando las 24 horas del día. Los datos recopilados arrojaron un IMDA de 417 vehículos por día. Se adjunta un resumen del conteo vehicular en el anexo.

4.2.3. Velocidad de Diseño

Según el manual DG-2018, la velocidad de diseño recomendada es de 70 km/h Para terrenos con una orografía Ondulada y una Carretera de Segunda Clase. (ver anexo 5)

Figura 5

Esquema de Velocidad de diseño

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO											
		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												

Fuente (DG, 2018)

4.2.4. Distancia de visibilidad

Según los lineamientos, el manual DG-2018 especifica las siguientes pendientes para una velocidad de diseño de 70 km/h.

Tabla 9

Distancia de Visibilidad según la velocidad de Diseño

Velocidad de diseño	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
70	110	116	124	100	97	93

Fuente: MTC-DG (2018)

4.3. Evaluación de las características geométricas de diseño

Para analizar los detalles geométricos del diseño, se generaron planos conforme a nuestro levantamiento topográfico, procesándose adecuadamente en el software civil 3D. Estos planos están georreferenciados en el sistema WGS-84 y la escala se especificará en cada uno de ellos. (ver anexo 6 y 7)

Planos de Diseño en Planta: En los planos en Planta se detallará principalmente el eje de vía y los elementos geométricos (Tramos tangentes, tramos con curvas y tramos con curvatura variable en caso existiera), que serán considerados en la carretera de estudio. (ver anexo 8 y 9)

Planos de Diseño en Perfil: En los planos en Perfil se detallará principalmente los puntos de elevación, nivel de rasante de la carretera, que serán considerados en la carretera de estudio. (ver anexo 8 y 9)

Planos de Diseño en Sección: En los planos de Secciones se detallará principalmente el ancho de vía (calzada, berma, cuneta en caso existiera).

4.3.1. Diseño geométrico en planta

1. Tramos en tangente

Las longitudes mínimas aceptables, óptimas de los segmentos rectos, dependiendo la velocidad , se detallan en la Tabla 302.01 (ver anexo 10)

Figura 6

Esquema de tramos en tangente

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

Fuente (MTC, 2018), pag. 127

$$L_{\text{mín. s}} : 1.39 V$$

$$L_{\text{mín. o}} : 2.78 V$$

$$L_{\text{máx.}} : 16.70 V$$

Tabla 10

Resultados de tramos rectos

Resumen de verificación de tramos rectos / tangente	
Tramos	22
Satisface	1
No Satisface	21
Porcentaje que no Satisface	95%
Porcentaje que Satisface	5%

Fuente: Elaboración propia

2. Radios mínimos y peraltes máximos

El radio mínimo de curvatura horizontal hace referencia al radio más pequeño al que puede transitar la velocidad de diseño y el peralte máximo, asegurando condiciones apropiadas de seguridad y comodidad. Para determinarlo, se emplea la siguiente fórmula.. (MTC-DG, 2018)

Figura 7

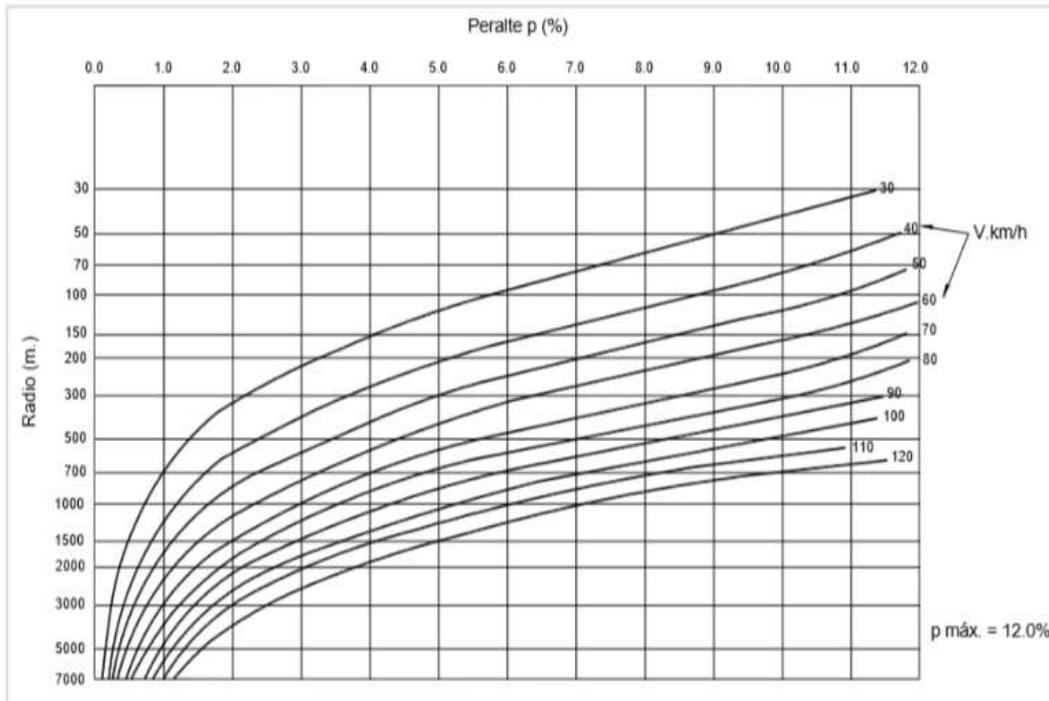
Mínimos radios y máximos peraltes

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Δ máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
Área rural (plano u. ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
130	12.00	0.08	665.4	665	

Fuente (DG, 2018)

Figura 8

Peralte en Zona rural Tipo 3 o 4



Fuente (DG, 2018)

Tabla 11

Resultados de radios mínimos

RESUMEN DE VERIFICACIÓN DE RADIOS MÍNIMOS	
Curvas Simples	22
Satisface	6
No Satisface	16
Porcentaje que no Satisface	73%
Porcentaje que Satisface	27%

Fuente:Elaboración propia

4.3.2. Diseño geométrico en Perfil

1. Pendientes máximas

Para las vías tipo 2 (Segunda Clase) ubicadas en zonas de terreno ondulado con una velocidad de diseño de 70 km/h, la normativa DG 2018 establece que la pendiente máxima permitida es del 6%. (ver anexo 11 y 12)

Figura 9

Pendientes máximas

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera				
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400				
Vehículos/día	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase				
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Velocidad de diseño:																					
30 km/h																			10.00	10.00	
40 km/h																		9.00	8.00	9.00	10.00
50 km/h										7.00	7.00						9.00	9.00	8.00	8.00	8.00
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	6.00	9.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00				
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00			
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00			6.00	6.00				
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00								
110 km/h	4.00	4.00			4.00																
120 km/h	4.00	4.00			4.00																
130 km/h	3.50																				

Fuente (DG, 2018)

Tabla 12

Resultados de pendientes

RESUMEN DE COMPROBACIÓN DE PENDIENTES	
Tramos	22
Satisface	22
No Satisface	0
Porcentaje que no Satisface	0%
Porcentaje que Satisface	100%

Fuente: Elaboración propia

2. Curvas verticales

Cuando la variación en las pendientes entre tramos consecutivos excede el 1% en carreteras pavimentadas y el 2% en las no pavimentadas, se emplean curvas verticales parabólicas para unir las rasantes.

Estas curvas se clasifican en verticales, convexas y cóncavas de acuerdo con su forma, y en simétricas y asimétricas según la relación entre sus segmentos. (ver anexo 13)

Figura 10

Esquema de pendientes verticales

Velocidad de diseño km/h	Longitud determinada por la visibilidad necesaria para detenerse con seguridad		Longitud determinada por la visibilidad requerida para un paso seguro.	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Fuente (MTC, 2018), pág. 180

Tabla 13

Índice de curvatura según la velocidad de diseño

Velocidad de diseño km/h	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Fuente (MTC, 2018), pág. 182

4.3.3. Diseño geométrico en sección transversal

1. Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la carretera se establece considerando la velocidad de diseño y la categorización de la vía.

Figura 11

Anchos mínimos de calzada

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera				
	> 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	6.60		
70 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	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																				

Fuente (DG, 2018)

Según la normativa de la DG 2018, para vías tipo 2 (Segunda Clase) con terreno ondulado y velocidad de diseño de 70 km/h, el ancho mínimo de vía es de 7,20 m.

Tabla 14

Ancho de Calzada según Velocidad de Diseño

Resumen de Comprobación de ancho de calzada	
Secciones	100
Satisface	20
No Satisface	80
Porcentaje que no Satisface	80%
Porcentaje que Satisface	20%

Fuente: Elaboración Propia

2. Ancho de las bermas

Los valores de ancho de la berma para diversas velocidades de diseño se determinan en función de la clasificación de la carretera. (ver anexo 14)

Figura 12

Anchos de bermas

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400							
	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	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			2.00					1.20	1.20						
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00			2.00												
110 km/h	3.00	3.00			3.00																			
120 km/h	3.00	3.00			3.00																			
130 km/h	3.00																							

Fuente (DG, 2018)

De acuerdo con la norma DG-2018, para vías tipo 2 (Segunda Clase) en terreno ondulado, la velocidad de diseño es de 70 km/h y el ancho mínimo de la berma es de 2,00 m.

Tabla 15

Ancho de Berma según Velocidad de Diseño

Resumen de la verificación del ancho de la berma	
Secciones	100
Satisface	00
No Satisface	100
Porcentaje que no Satisface	100%
Porcentaje que Satisface	00%

Fuente: Elaboración Propia

3. Bombeo

El bombeo de superficies asfálticas con una precipitación de 500 mm/año corresponde a un bombeo del 2%.

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

Fuente (DG, 2018)

4. Peralte

La inclinación lateral de la carretera en las curvas, conocida como inclinación de la carretera, es una característica diseñada para contrarrestar la fuerza centrífuga ejercida sobre el vehículo durante las curvas. Esta inclinación ayuda a mantener la estabilidad del vehículo y mejora la seguridad al garantizar que la fuerza generada se dirija hacia el centro de la curva. Esto garantiza un viaje más suave y seguro tanto para el conductor como para los pasajeros.

4.1 Transición del bombeo al peralte.

Cuando no hay una curva de Transición presente, divide la sección una parte que sigue la tangente y otra que sigue la curva. Esta tabla muestra la relación que debe aplicarse a la sección tangente.

Figura 14

Proporción de Peralte

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0.5 p	0.7 p	0.8 p

Fuente (DG, 2018)

Resumen de resultados:

El estado actual de la carretera ubicada en el Sector de Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, presenta un clima donde solamente las precipitaciones ocurren lluvias de diciembre a abril y el resto de los meses es escaso; la topografía de la zona es un terreno de tipo ondulado, y su clasificación por demanda es de segunda clase que se elabora según índice medio diario -(IMD) e intervienen los volúmenes de tráfico diarios realizados según los tipos de vehículos.

Respecto a los principales criterios de diseño y control, el vehículo de diseño está clasificado como B2, apto para rutas con tráfico intenso de carga pesada. Según el estudio de tráfico del IMDA, diariamente se registran 417 vehículos. Como velocidad de diseño para el DG-2018 se eligió la velocidad de 70 km/h, adecuada a las características de nuestra carretera de acuerdo con la Figura 5 donde se relaciona la clasificación con la orografía y velocidad de diseño.

Con base en la evaluación de las características geométricas, se determinó lo siguiente: al realizar los cálculos geométricos en planta, solo 1 de los 22 tramos tangentes cumple con los requisitos del manual DG-2018 según la Figura 6 donde se tiene longitudes mínimas y máximas dependiendo de la velocidad de diseño. Al realizar cálculos geométricos en perfil para comprobar el radio mínimo de curvas simples, 6 de los 22 tramos cumplen con la normativa según la Figura 7 que tiene radios según los parámetros de ubicación y velocidad.

En cuanto a la pendiente máxima, los 22 tramos corresponden a la pendiente establecida según la Figura 9 donde se relaciona la velocidad de diseño con las características de la carretera. Al comprobar las curvas convexas, las curvas 18 de 22 cumplen con los parámetros según las instrucciones de la DG-2018 según la Tabla 13. Al calcular la sección geométrica, el ancho de la vía se estima en 100 tramos creados cada 20 metros, 20 de los cuales corresponden a las dimensiones mínimas especificadas en las instrucciones de la Figura 11. En cuanto al ancho de berma, ninguno de los 100 tramos construidos cada 20 metros se corresponde con las dimensiones especificadas en el diseño geométrico de la vía DG-2018, según la Figura 12 donde se relaciona el tipo de orografía con las características de la carretera.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Discusión de Resultados

Según los resultados de esta investigación, se verificó que, de 22 tramos de la carretera ubicada en el Sector de Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, 21 no cumplen y solo 1 tramo corresponde a los tramos listados según lo establecido en el diseño geométrico de carreteras DG-2018. Estos hallazgos coinciden con los de Quiroz (2020), quien en su verificación de tramos en tangente de la carretera Cajabamba – Ponte (Km 52+300 – Km 48+050) encontró que, de 21 tramos tangentes, 13 no cumplen y 8 sí cumplen. Esto demuestra que las longitudes en tangente son excesivamente cortas, lo que genera inseguridad al transitar a la velocidad para la cual fueron diseñadas.

Según los resultados de esta investigación, se verificó que, de 22 radios mínimos de la carretera ubicada en el Sector de Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, 16 radios no satisfacen y 6 radios no satisfacen con lo establecido en el diseño geométrico de carreteras DG-2018. Estos datos obtenidos coinciden con los obtenidos por Quiroz (2020), quien examinando el radio mínimo de la carretera Cajabamba-Ponte (52.300 km – 48.050 km), encontró que de 18 radios, 13 radios no cumplen y 5 radios son conformes. Esto provoca que los vehículos diseñados para estas velocidades se desplacen hacia el tráfico que se aproxima en sentido contrario, generando un riesgo para la seguridad y una incomodidad al circular a la velocidad establecida.

Según los resultados de esta investigación, se verificó que, en cuanto a pendientes máximas en 22 tramos ubicados en el Sector de Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, todos satisfacen con lo establecido en el diseño geométrico (DG-2018). En contraste, Zarate (2021) encontró que, de 85 tramos evaluados en su estudio de pendientes máximas, 18 no cumplen y 67 sí cumplen con los estándares. Esto demuestra que la presente investigación ha

identificado pendientes óptimas, garantizando seguridad al transitar a la velocidad establecida en el diseño.

En esta investigación, se verificó que, de 100 secciones transversales del diseño geométrico de la carretera evaluada, 20 cumplen con los parámetros. En comparación, Burgos (2021) encontró que, de 80 secciones transversales, 30 no cumplen y 50 sí establece lo que dice en el DG-2018. Estos hallazgos resaltan que la investigación actual ha identificado dimensiones adecuadas, lo que no solo facilita el tránsito, sino que también proporciona un nivel adicional de seguridad para los usuarios de la carretera. La adecuación de las dimensiones contribuye significativamente a mejorar la experiencia de movilidad y a reducir los riesgos asociados con el tráfico.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El rendimiento geométrico en la zona de análisis no satisface los requisitos establecidos en las directrices de diseño geométrico. (DG-2018).

La situación actual de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario corresponde a los parámetros topográficos y está clasificado según normas de diseño geométrico (DG-2018).

De acuerdo a los principales criterios y pruebas utilizadas de la carretera Campiña, Santo Domingo y Virgen del Rosario, el estudio de tráfico realizado con base en nuestro conteo vehicular confirma que cumple con los requisitos del vehículo de diseño (tipo B2), velocidad (70 km/h) como también el rango de visualización se especifica en las Directrices de diseño geométrico (GD-2018).

Los diseños de planta y perfil no corresponden a los parámetros especificados en los principios de diseño geométrico. (DG-2018).

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que, al llevar a cabo estos proyectos viales, las entidades locales y regionales optimicen la gestión y la planificación, respetando las características geométricas y los parámetros mínimos estipulados por la normativa (DG-2018). Además, en la fase de ejecución, es fundamental contar con la supervisión de obra en caso de que surja alguna incongruencia y no se cumplan los diseños establecidos.

Se recomienda integrar herramientas avanzadas como simuladores de tráfico, software de modelado 3D, y análisis geoespacial para obtener resultados más precisos y eficientes en el diseño geométrico de carreteras.

Realizar investigaciones adicionales sobre cómo el diseño geométrico puede adaptarse para mejorar la seguridad vial en zonas montañosas, curvas peligrosas o áreas con alta densidad de tráfico, considerando variables como la visibilidad y las velocidades permitidas.

Incluir un análisis más exhaustivo del impacto ambiental del diseño de carreteras, considerando aspectos como la erosión del suelo, la contaminación hídrica y la protección de ecosistemas cercanos a las vías.

Se sugiere aprovechar el potencial de la inteligencia artificial y el análisis de grandes cantidades de datos (big data) para perfeccionar la planificación y optimización del diseño geométrico. Estas herramientas pueden anticipar patrones de tráfico, detectar riesgos y proponer modificaciones dinámicas en los recorridos de las vías.

Explorar la integración de tecnologías verdes, como el uso de pavimentos permeables o sistemas de drenaje sostenibles, que permitan reducir el impacto ambiental de las carreteras y mejorar la gestión del agua en los márgenes viales.

REFERENCIAS

Alvarado. (2017). Diseño Para El Mejoramiento De La Carretera Tramo La Almiranta – Palo Blanco – Distrito De Quiruvilca – Provincia De Santiago De Chuco – Departamento La Libertad. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22837>

Argimón Pallás, J. (2013). Métodos de investigación clínica y epidemiológica. En J. Argimón Pallás, *Métodos de investigación clínica y epidemiológica* (pág. 17). Barcelona. https://postgrado.medicina.usac.edu.gt/sites/default/files/documentos/investigacion_clinica_y_epidemiologica_1.pdf

Burgos Julca, H. (2021). *Evaluación de las características geométricas actuales y propuesta de diseño geométrico de la carretera Llullapuquio-Chetilla, distrito de Chetilla, Cajamarca, 2019*. Wikipedia. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4786>

Cardenas Grisales, J. (2013). (PDF) *Diseño Geométrico de Carreteras. James Cárdenas Grisales. / Melvin Achallma*. Academia.edu. https://www.academia.edu/41350934/Dise%C3%B1o_Goem%C3%A9trico_de_Carreteras_James_C%C3%A1rdenas_Grisales

Cardenas Rodriguez, L. M. (2018). *Diagnóstico de la geometría de la autopista norte entre la calle 81 y la diagonal 83 – intersección calle 82 en la ciudad de Bogotá*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/21266>

Castillo Moncayo, C. R., & Amoroso Castro, E. A. (n.d.). *Diseños definitivos de la vía comprendida desde el ingreso Ayancay hasta la comunidad de San Alfonso*". Repositorio Institucional de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32231>

Cubillos. (2011). *Carreteras del Perú*. <https://es.scribd.com/document/479511992/Carreteras-Del-Peru>

Davila. (2021). *Evaluación de la influencia del diseño geométrico en accidentes de carretera en los sectores de la Sullanera-Las Minas-Cruz Blanca- Provincia de Huancabamba- Departamento de Piura*,. Wikipedia.
<https://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/3651>

Freire, A. (2020). *Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyo-Pinllopata en tramo km 20+000 - 24+000 perteneciente a los Cantores Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi*. Repositorio Universidad Técnica de Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30642>

Garcia, L. (2016). *Evaluación del diseño geométrico de la carretera Casma-Huaraz, tramo km 135+000 al km 145+600, aplicando el manual de diseño geométrico*. Wikipedia.
https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/3209/5/Tesis_Evaluaci%C3%B3n_Geom%C3%A9trico_Manual_compressed.pdf

Gonzales Fernandez, H. (2021). *Análisis de la consistencia geométrica en el tramo de la carretera central comprendido entre las estaciones 90+6.34 y 90+9.34*. Sistema de Información Científica Redalyc.
<https://www.redalyc.org/journal/1813/181368034002/181368034002.pdf>

Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. P. (2014, September 4). *Metodología de la Investigación Hernandez Sampieri 6a Edición*. Escuela Superior de Guerra Naval. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Martinez. (2017). Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera Chancos – Vicos – Wiyash según criterios de seguridad y economía. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622668/Martinez_CL.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018, Enero). Manual de carreteras : Diseño geométrico DG - 2018. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Ñapuas Paitán, Mejía Mejía, Novoa Ramírez, & Villagómez Paucar. (2014). *Metodología de la investigación*. Metodología de la investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis, 4ta Edición. <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>

Quiroz Marquez, J., Wilser, J., & Gerson, K. (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*. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24743>

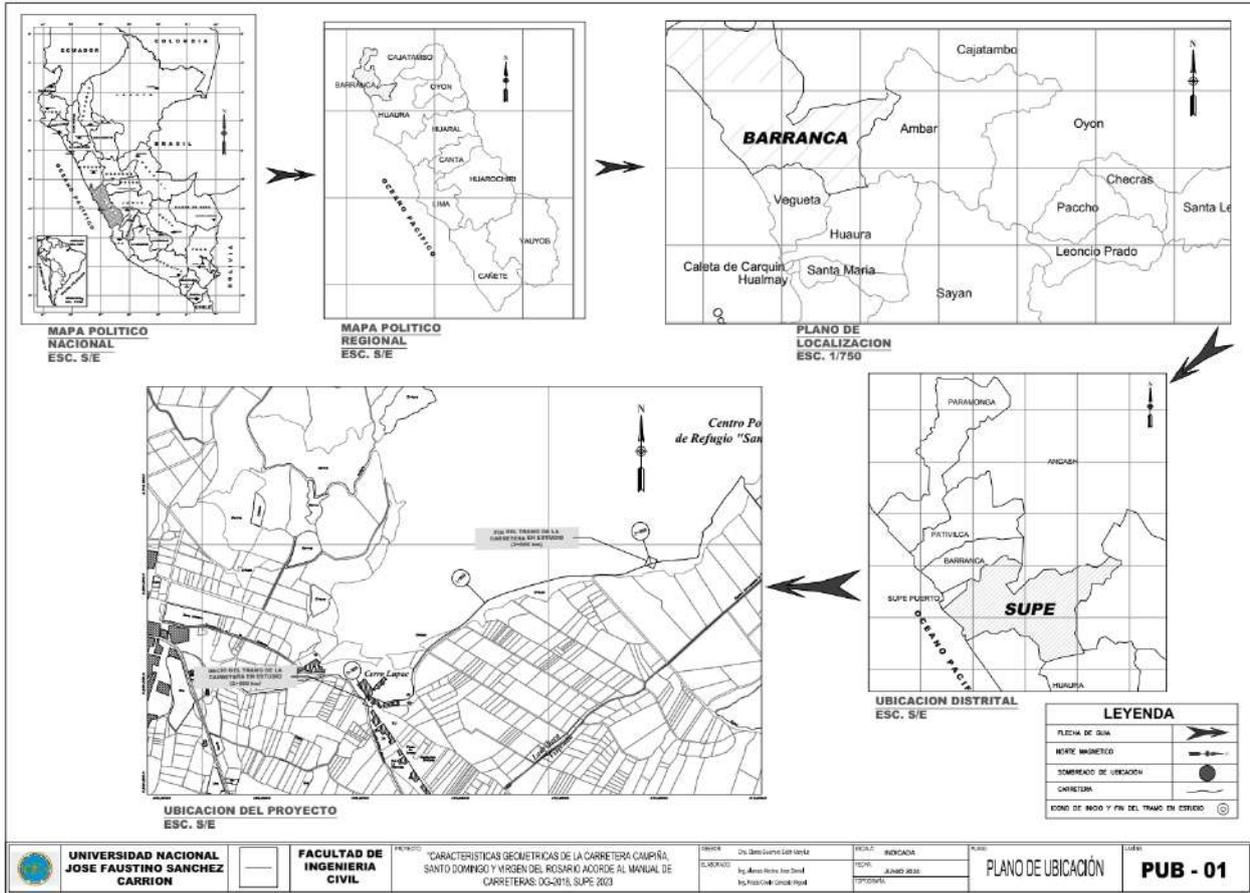
Romero, A. C. (2013). Metodología integral innovadora para planes y tesis . En A. C. Romero, Metodología integral innovadora para planes y tesis (pág. 254). Mexico D.F.: CENGAGE Learning.

Valencia Lopez, D. C. (2021). *Análisis diseño geométrico y estructura de pavimento de cuatro segmentos viales, para el mejoramiento de la movilidad localizados en la carrera 51d entre calle 38-06 sur hasta calle 38a-19 sur, barrio muzú, localidad puente Aranda Bogotá.* Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstreams/4a0825ec-0f48-433e-9612-b7a28c91f3e3/download>

Zarate Cuba, K., & Fernandez Molocho, W. (n.d.). *Evaluación geométrica de la carretera Andamarca – Las Juntas, de acuerdo con el diseño geométrico de carreteras dg-2018.*

Wikipedia. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75237>

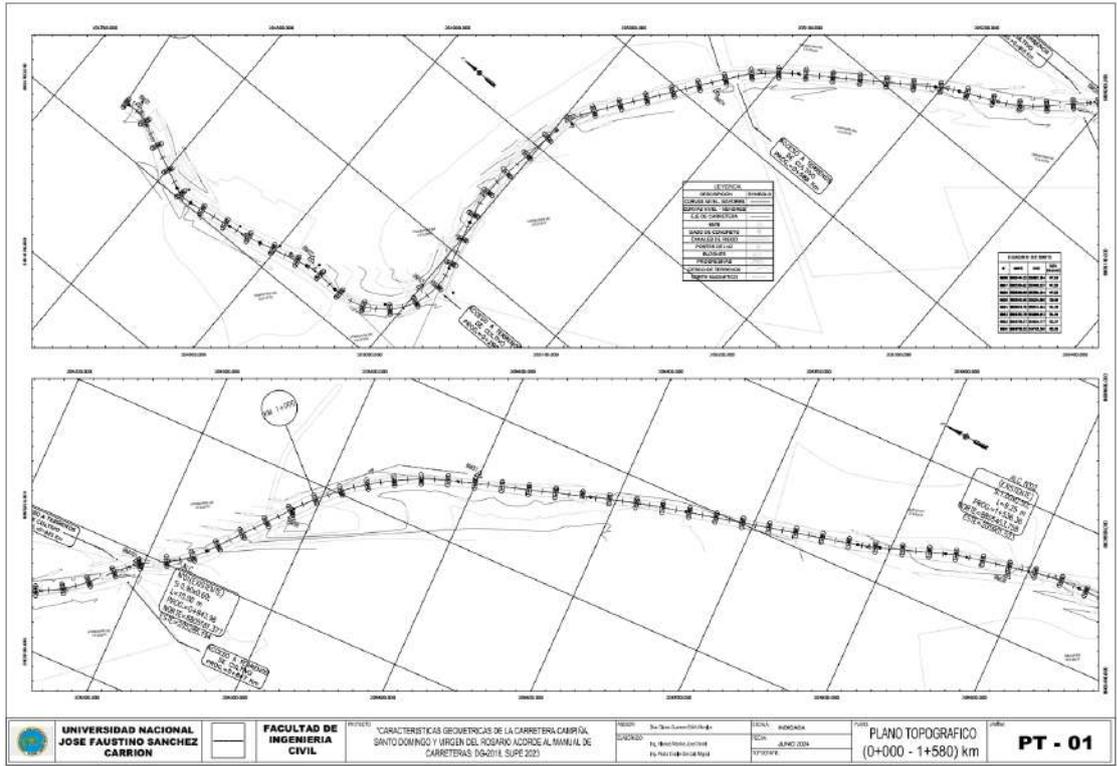
ANEXOS



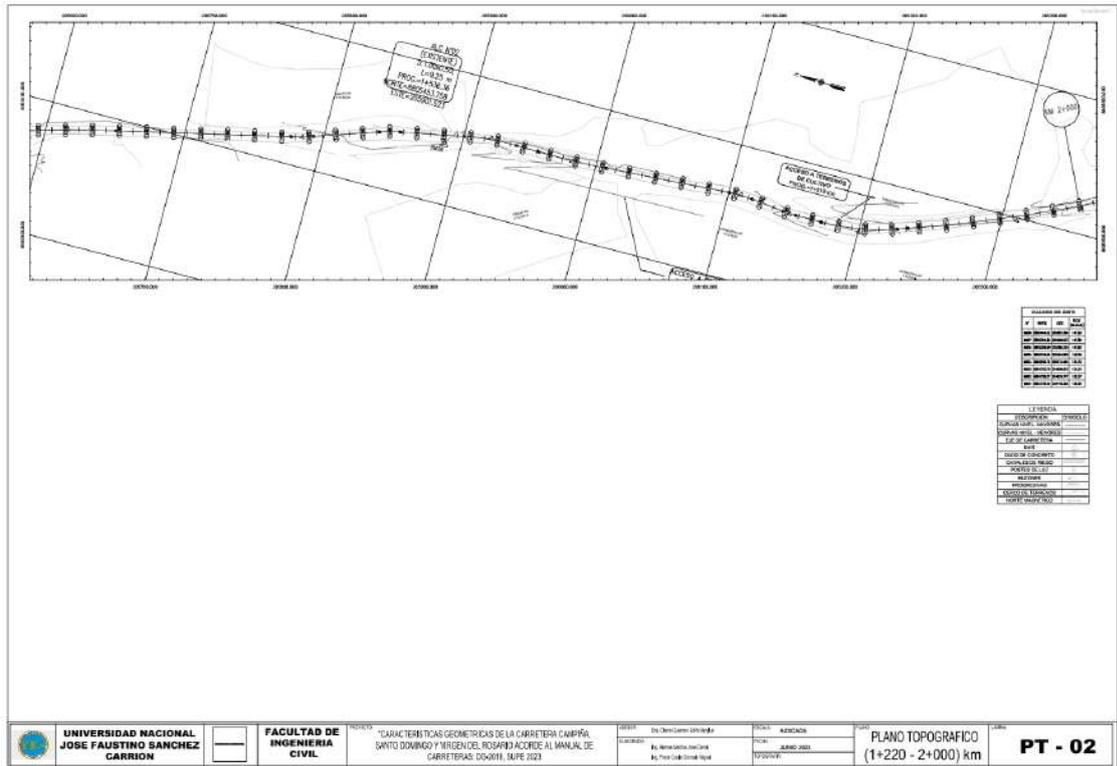
Anexo 1



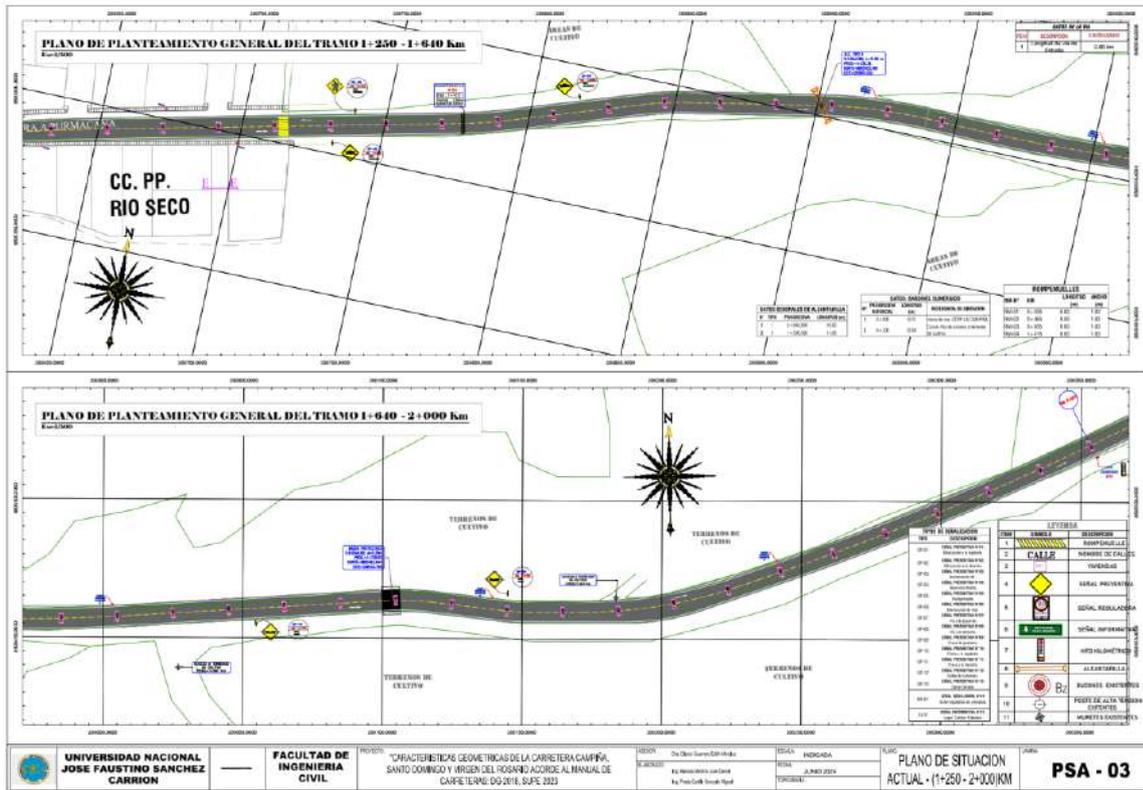
Anexo 2



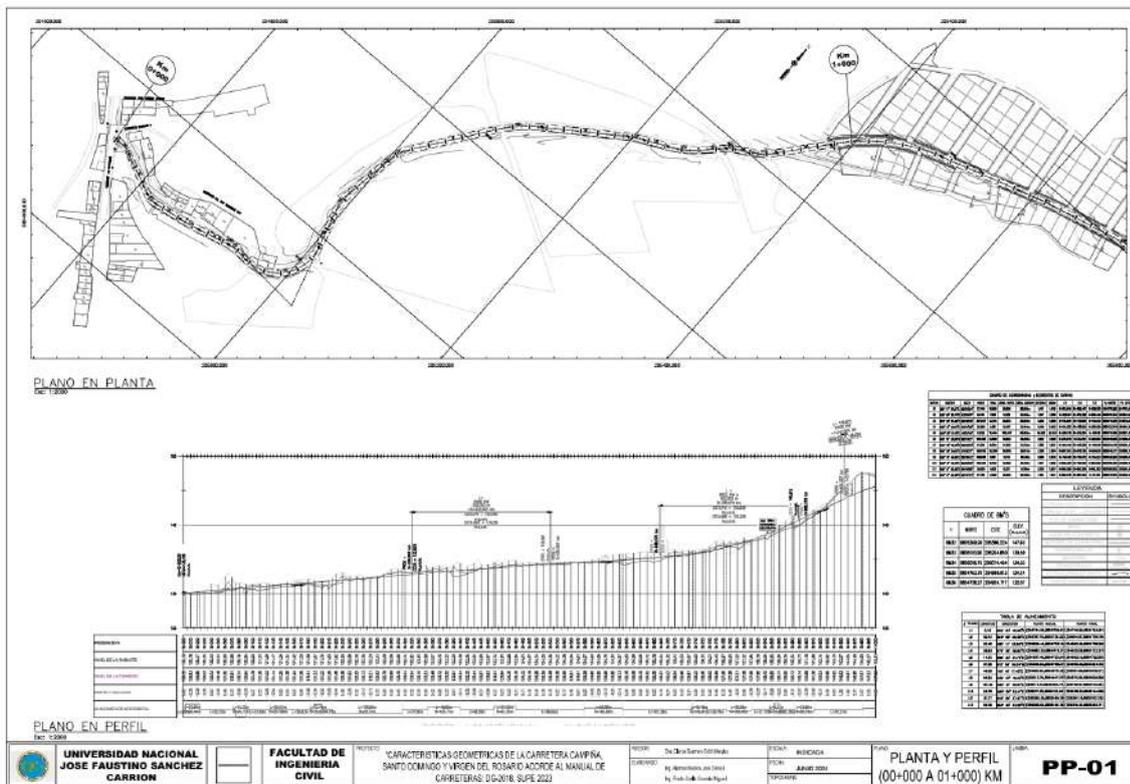
Anexo 3



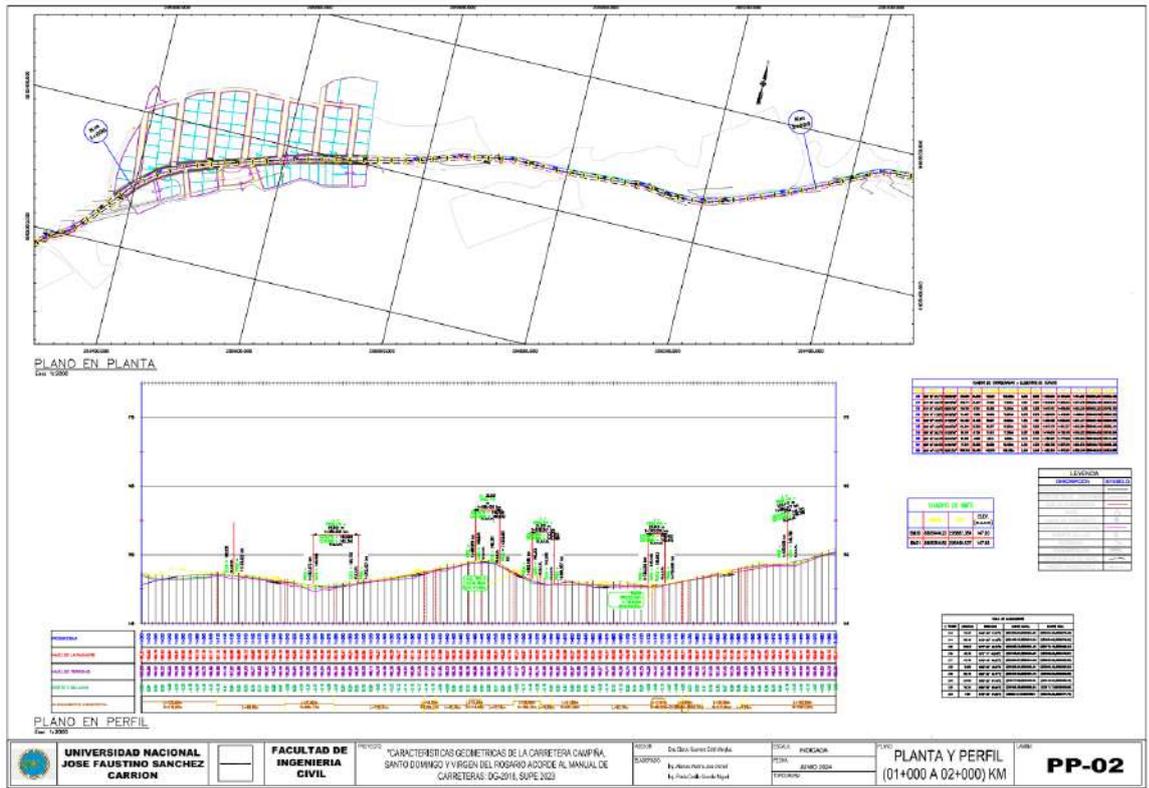
Anexo 4



Anexo 7



Anexo 8



Anexo 9



Anexo 10



Anexo 11



Anexo 12



Anexo 13



Anexo 14